

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Ieva UBARTĖ

DAUGIAKRITERĖ SPRENDIMŲ  
PARAMOS IR REKOMENDACIJŲ  
SISTEMA SVEIKAM IR SAUGIAM  
BŪSTUI UŽSTATYTOJE APLINKOJE  
VERTINTI

DAKTARO DISERTACIJA

TECHNOLOGIJOS MOKSLAI,  
STATYBOS INŽINERIJA (02T)



LEIDYKLA

Vilnius TECHNIKA 2017

Disertacija rengta 2013–2017 metais Vilniaus Gedimino technikos universitete.

### **Mokslinis vadovas**

prof. habil. dr. Edmundas Kazimieras ZAVADSKAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – 02T).

Vilniaus Gedimino technikos universiteto Statybos inžinerijos mokslo krypties disertacijos gynimo taryba:

### **Pirmininkas**

prof. habil. dr. Leonas USTINOVIČIUS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – 02T).

### **Nariai:**

doc. dr. Darius BAČINSKAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – 02T),

dr. Tomas BALEŽENTIS (Vilniaus universitetas, informatikos inžinerija – 07T),

prof. habil. dr. Joanicjusz NAZARKO (Balstogės technologijos universitetas, Lenkija, vadyba – 03S),

dr. Vytautas PALEVIČIUS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – 02T).

Disertacija bus ginama viešame Statybos inžinerijos mokslo krypties disertacijos gynimo tarybos posėdyje **2017 m. lapkričio 10 d. 13 val.** Vilniaus Gedimino technikos universiteto senato posėdžių salėje.

Adresas: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva.

Tel. (8 5) 274 4956; faksas (8 5) 270 0112; el. paštas doktor@vgtu.lt

Pranešimai apie numatomą ginti disertaciją išsiųsti 2017 m. spalio 9 d.

Disertaciją galima peržiūrėti VGTU talpykloje <http://dspace.vgtu.lt> ir Vilniaus Gedimino technikos universiteto bibliotekoje (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lietuva).

VGTU leidyklos TECHNIKA 2017-061-M mokslo literatūros knyga  
ISBN 978-609-476-069-3

© VGTU leidykla TECHNIKA, 2017

© Ieva Ubartė, 2017

*ieva.ubarte@vgtu.lt*

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

leiva UBARTĖ

**MULTIPLE CRITERIA DECISION SUPPORT  
AND RECOMMENDER SYSTEM FOR  
THE ASSESSMENT OF HEALTHY AND  
SAFE HOMES IN THE BUILT  
ENVIRONMENT**

DOCTORAL DISSERTATION

TECHNOLOGICAL SCIENCES,  
CIVIL ENGINEERING (02T)



LEIDYKLA  
Vilnius TECHNIKA 2017

Doctoral dissertation was prepared at Vilnius Gediminas Technical University in 2013–2017.

### **Scientific Supervisor**

Prof. Dr Habil. Edmundas Kazimieras ZAVADSKAS (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – 02T).

The Dissertation Defense Council of Scientific Field of Civil Engineering of Vilnius Gediminas Technical University:

### **Chairman**

Prof. Dr Habil. Leonas USTINOVICĪUS (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – 02T).

### **Members:**

Assoc. Prof. Dr Darius BAČINSKAS (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – 02T),

Dr Tomas BALEŽENTIS (Vilnius University, Informatics Engineering – 07T),

Prof. Dr Habil. Joanicjusz NAZARKO (Bialystok University of Technology, Poland, Management – 03S),

Dr Vytautas PALEVICĪUS (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – 02T).

The dissertation will be defended at the public meeting of the Dissertation Defense Council of Civil Engineering in the Senate Hall of Vilnius Gediminas Technical University at **1 p. m. on 10 November 2017**.

Address: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania.

Tel.: +370 5 274 4956; fax +370 5 270 0112; e-mail: doktor@vgtu.lt

A notification on the intend defending of the dissertation was send on 9 October 2017.

A copy of the doctoral dissertation is available for review at the VGTU repository <http://dspace.vgtu.lt/> and at the Library of Vilnius Gediminas Technical University (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lithuania).

# Reziümė

Disertacijoje nagrinėjamos sveiko ir saugaus būsto problemos. Tyrimų objektas – sveikas ir saugus būstas, kurį veikia makro, mezo ir mikro aplinkos veiksniai. Pagrindinis disertacijos tikslas – pasiūlyti sveiko ir saugaus būsto vertinimo metodologiją, atsižvelgiant į darnios plėtros principus, ir sukurti sveiko ir saugaus būsto daugiakriterio vertinimo sprendimų paramos ir rekomendacijų sistemą, kuri nustatytų būsto sveikumo klasę, atsižvelgiant į kylančias grėsmes, ir teiktų rekomendacijas vartotojui, kaip mažinti šių pavojų riziką.

Disertaciją sudaro įvadas, trys skyriai, bendrosios išvados, naudotos literatūros ir autorės publikacijų disertacijos tema sąrašai.

Įvadiniamе skyriuje aptariama tiriamoji problema, darbo aktualumas, aprašomas tyrimų objektas, formuluojamas darbo tikslas ir uždaviniai, aprašoma tyrimų metodika, darbo mokslinis naujumas, darbo rezultatų praktinė reikšmė, ginamieji teiginiai. Įvado pabaigoje pateikiamas autorės mokslinių publikacijų disertacijos tema sąrašas.

Pirmajame skyriuje apžvelgiama darnios užstatytos aplinkos 1998–2015 metų literatūros analizė, būsto poveikio sveikatai ir saugumui apžvalga, sveiko ir saugaus būsto samprata Lietuvoje ir užsienyje, sveiko ir saugaus būsto vertinimo analizė makro, mezo ir mikro lygmenyse. Skyriaus pabaigoje formuluojamos išvados ir tikslinami disertacijos uždaviniai.

Antrajame disertacijos skyriuje pateikiamos sudarytos sveiko ir saugaus būsto vertinimo makro (miesto), mezo (seniūnijos) ir mikro (būsto) lygmenyse rodiklių sistemos bei daugiakriterių metodų parinkimas makro, mezo ir mikro aplinkai analizuoti.

Trečiajame skyriuje sudarytas sveiko ir saugaus būsto koncepcinis vertinimo atsižvelgiant į darnią užstatytos aplinkos plėtrą. Atliktas Vilniaus miesto vertinimas Europos miestų kontekste taikant COPRAS ir INVAR metodus (makro lygmuo), Vilniaus miesto seniūnijų vertinimas taikant COPRAS, SAW, TOPSIS, EDAS metodus (mezo lygmuo). Pateikiama sukurta sveiko ir saugaus būsto daugiakriterių vertinimo sprendimų paramos ir rekomendacijų sistema (mikro lygmuo).

Svarbiausi tyrimų rezultatai paskelbti aštuoniose mokslinėse publikacijose ir aptarti keturiose mokslinėse konferencijose.

# Abstract

The dissertation examines issues surrounding healthy and safe homes. The object of this research is healthy and safe home exposed to factors active in macro, meso and micro environment. The main aim of the dissertation is to propose an assessment methodology for healthy and safe home based on the principles of sustainable development, and to develop a multiple criteria assessment decision support and recommender system for healthy and safe home that would determine the healthiness class of a home, taking into account potential hazards, and provide recommendations how to reduce the risk of such hazards.

The dissertation comprises an introduction, three chapters, general conclusions, a list of references and a list of the author's papers on the topic of the dissertation.

The introduction discusses the research problem and the research relevance, defines the research object, states the research aim and objectives, describes the research methodology and the scientific novelty of the research, and presents practical applications of the research results and the defended propositions. The introduction ends with an overview of the author's papers and conference presentations on the topic of this dissertation.

Chapter 1 presents a review of literature on sustainable built environment covering the period between 1998 and 2015, outlines the role housing plays in ensuring health and safety, looks at how the concept of healthy and safe home is understood in Lithuania and abroad, and examines the assessment of healthy and safe home at macro, meso and micro levels. The chapter ends with conclusions and refined objectives of the dissertation.

Chapter 2 presents the systems of criteria for the assessment of healthy and safe home at macro (city), meso (neighbourhood) and micro (housing) levels and determines which multiple criteria methods will be used in the analysis of macro, meso and micro environment.

Chapter 3 presents a conceptual assessment model for healthy and safe home based on sustainable development of the built environment. The COPRAS and INVAR methods are used to assess Vilnius in the context of other European cities (macro level). Then the COPRAS, SAW, TOPSIS and EDAS methods are used to assess each neighbourhood of Vilnius (meso level). Finally, the author presents her multiple criteria assessment decision support and recommender system for healthy and safe home (micro level).

The key research findings were presented in eight research papers and discussed at four scientific conferences.

---

# Žymėjimai

## Simboliai

$\tilde{r}_{ij}$  –  $i$ -osios alternatyvos,  $j$ -ojo efektyvumo rodiklio reikšmė;

$\bar{r}_{ij}$  – kriterijų įtakos praradimo metodo (angl. *Method of indicators impact loss*) optimali rodiklio reikšmė;

$C_i^*$  – kiekvieno  $i$ -tojo varianto santykinis atstumas iki idealaus;

$D_i^-$  – atstumas tarp  $i$ -tojo ir neigiamai idealaus varianto;

$D_i^*$  – atstumas tarp lyginamojo  $i$ -tojo ir idealiausio geriausio varianto;

$E_j$  – entropijos lygis;

$H_k$  – lygių rangų skaičius  $k$  rangavime;

$J_1$  – naudos rodikliai;

$J_2$  – kaštų rodikliai;

$ND_{ij}$  – „neigiamas“ atstumas nuo vidutinio sprendimo;

$N_j$  – objekto  $a_j$  naudingumo laipsnis;

$PD_{ij}$  – „teigiamas“ atstumas nuo vidutinio sprendimo;

$P_j$  – objekto  $a_j$  prioritetiškumas;

$Q_j$  – kiekvieno objekto  $a_j$  santykinis reikšmingumas;

$S_{+j}$  –  $j$ -ąjį variantą apibūdinančių naudos rodiklių suma;  
 $SN_i$  – visų alternatyvų „neigiamų“ atstumų nuo vidutinio sprendimo reikšmingumų suma;  
 $SP_i$  – visų alternatyvų „teigiamų“ atstumų nuo vidutinio sprendimo reikšmingumų suma;  
 $S_{-j}$  –  $j$ -ąjį variantą apibūdinančių kaštų rodiklių suma;  
 $T_k$  –  $k$  rangavime susijusių rangų rodiklis;  
 $V^-$  – neigiamas idealus sprendinys;  
 $V^*$  – teigiamas idealus sprendinys;  
 $W_j$  – entropijos reikšmingumas;  
 $d_j$  – rodiklio sklaidos lygis;  
 $q_i$  –  $i$ -ojo rodiklio reikšmingumas;  
 $r_{ij}$  – rodiklių reikšmės;  
 $t_{jk}$  – eksperto atliktas  $j$ -ojo rodiklio vertinimas;  
 $x_{ij}$  –  $i$ -ojo rodiklio reikšmė  $j$ -ojo sprendimo variante;  
 $x_{ij}$  – rodiklio reikšmė;  
 $\chi^2$  – konkordancijos rodiklio statistika;  
 $\omega_j$  – bendras rodiklių objektyvaus masyvo struktūros vertinimo reikšmingumas;  
 $e$  – ciklų skaičius;  
 $W$  – ekspertų nuomonių suderinamumo (konkordacijos) koeficientas;  
 $k$  – ekspertų autoriteto koeficientas,  
 $m$  – rodiklių skaičius;  
 $n$  – lyginamų variantų skaičius;  
 $n$  – vertinamų rodiklių skaičius;  
 $r$  – dydis, kuriuo cikliniu būdu didinamas nagrinėjamo objekto rodiklis;  
 $r$  – ekspertų skaičius.

## Santrumpos

AHP – analitinės hierarchijos proceso (angl. *Analytical Hierarchy Process*) metodas;  
 ANP – analitinis tinklo proceso (angl. *Analytic Network Process*) metodas;  
 AS – vertinimo balas (angl. *appraisal score*);  
 BREEAM – statybos tyrimų įstaigų aplinkosaugos vertinimo metodas (angl. *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*);  
 CILOS – kriterijų įtakos praradimo (angl. *Method of indicators impact loss*) metodas;  
 COPRAS – kompleksinio proporcingo įvertinimo (angl. *Complex proportional assessment method*) metodas;



EDAS – vertinimo remiantis atstumu nuo vidutinio sprendimo (angl. *Evaluation Based on Distance from Average Solution*) metodas;

ELECTRE – likvidacijos ir pasirinkimo išreikštos realybės (angl. *Elimination and Choice Expressing Reality*) metodas;

GIS – geografinė informacinė sistema;

HK BEAM – Honkongo pastatų aplinkosaugos vertinimo metodas (angl. *Hong Kong Building Environmental Assessment Method*);

IAQ – vidaus oro kokybė (angl. *Indoor Air Quality*);

IDOCRIW – integruotų kriterijų objektyvių reikšmingumų nustatymo (angl. *Integrated Determination of Objective CRITERIA Weights*) metodas;

INVAR – projekto naudingumo laipsnio ir investicinės vertės nustatymo metodas, teikiant rekomendacijas (angl. *Degree of Project Utility and Investment Value Assessments along with Recommendation Provisions*);

JAV – Jungtinės Amerikos Valstijos;

LEED – energijos ir aplinkosaugos kūrimo lyderystė (angl. *Leadership in Energy and Environmental Design*);

MADM – daugiakriteriškų sprendimų priėmimo (angl. *Multiple Attribute Decision Making*) metodai;

MCDM – daugiakriteriniai sprendimų priėmimo (angl. *Multiple Criteria Decision Making*) metodai;

NBS – nesveiko būsto sindromas;

ND – neigiamas atstumas (angl. *negative distance*);

PD – teigiamas atstumas (angl. *positive distance*);

PROMETHEE – pirmenybių rangavimo organizavimo metodas vertinimui išgryninti (angl. *The Preference Ranking Organization METHod for Enrichment of Evaluations*);

QOL – gyvenimo kokybės indeksas (angl. *Quality of Life Index*);

SAW – paprastas sudedamasis reikšmingumų (angl. *Simple Additive Weighting*) metodas;

STR – statybos techninis reglamentas;

TOPSIS – variantų racionalumo nustatymo artumo idealiajam taškui (angl. *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) metodas;

VIKOR – kompromisinio klasifikavimo metodas (serb. *VIšekriterijumsko KOMPromisno Rangiranje*);

WCED – Pasaulio aplinkos plėtros komisija (angl. *World Commission in Environment and Development*).



---

# Turinys

IVADAS .....	1
Problemos formulavimas.....	1
Darbo aktualumas .....	2
Tyrimų objektas.....	3
Darbo tikslas.....	3
Darbo uždaviniai .....	3
Tyrimų metodika .....	4
Darbo mokslinis naujumas .....	4
Darbo rezultatų praktinė reikšmė .....	5
Ginamieji teiginiai .....	5
Darbo rezultatų aprobavimas.....	6
Disertacijos struktūra.....	6
1. MOKSLINĖS LITERATŪROS APIE DARNIOS UŽSTATYTOS	
APLINKOS BEI SVEIKO IR SAUGAUS BŪSTO TYRIMUS ANALIZĖ .....	7
1.1. 1998–2015 metų literatūros analizė apie darnios užstatytos aplinkos tyrimus ....	7
1.1.1. Publikacijų skaičius pagal metus, šalis, tyrimų sritį ir <i>Clarivate Analytics</i>	
kategorijas .....	9
1.1.2. Literatūros analizė darnios užstatytos aplinkos tema pagal tris pagrindines	
<i>Clarivate Analytics</i> kategorijas: aplinkos mokslai, aplinkos tyrimai, statybos ir	
pastatų technologijos.....	13
1.2. Būsto poveikis sveikatai ir saugumui .....	16

1.3. Sveiko ir saugaus būsto samprata Lietuvoje ir užsienyje .....	20
1.4. Sveiko ir saugaus būsto vertinimas makro, mezo ir mikro lygmenyse.....	23
1.5. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas.....	26
<b>2. SVEIKO IR SAUGAUS BŪSTO UŽSTATYTOJE APLINKOJE</b>	
<b>VERTINIMO METODOLOGIJA .....</b>	<b>27</b>
2.1. Sveiko ir saugaus būsto užstatytoje aplinkoje rodiklių sistemų sudarymas.....	28
2.1.1. Makro lygmuo.....	28
2.1.2. Mezo lygmuo .....	29
2.1.3. Mikro lygmuo .....	36
2.2. Daugiakriteriui analizei reikalingų pradinių duomenų paruošimas .....	39
2.3. Rodiklių reikšmingumų nustatymo metodai.....	41
2.3.1. Rodiklių objektyvių reikšmingumų nustatymas.....	41
2.3.2. Rodiklių subjektyvių reikšmingumų nustatymas remiantis ekspertine apklausa .....	44
2.3.3. Objektyvių ir subjektyvių reikšmingumų apjungimas .....	45
2.4. Sveiko ir saugaus būsto daugiakriterio vertinimo metodai makro, mezo ir mikro aplinkai analizuoti.....	46
2.4.1. COPRAS metodas.....	46
2.4.2. INVAR metodas.....	49
2.4.3. SAW, TOPSIS, EDAS metodai .....	52
2.5. Antrojo skyriaus išvados .....	55
<b>3. SVEIKO IR SAUGAUS BŪSTO MAKRO, MEZO IR MIKRO</b>	
<b>LYGMENYSE DAUGIAKRITERIS VERTINIMAS IR SUKURTA</b>	
<b>SPRENDIMŲ PARAMOS IR REKOMENDACIJŲ SISTEMA.....</b>	<b>57</b>
3.1. Sveiko ir saugaus būsto koncepcinis vertinimo modelis .....	58
3.2. Vilniaus miesto vertinimas Europos miestų kontekste: makro lygmuo.....	60
3.2.1. Vilniaus ir kitų Europos miestų gyvenimo kokybės 2012–2016 m. palyginimas.....	60
3.2.2. Rekomendacijos, siekiant pagerinti gyvenimo kokybės rodiklius .....	62
3.2.3. Nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio rodiklio reikšmės optimizavimas pagal INVAR metodą .....	64
3.2.4. Vilniaus miesto hipotetinio nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydžio skaičiavimas .....	66
3.3. Vilniaus miesto seniūnijų vertinimas: mezo lygmuo.....	67
3.3.1. Tyrimo metodologija mezo lygmenyje .....	67
3.3.2. Vilniaus miesto seniūnijų ypatumai .....	69
3.3.3. MCDM metodų taikymo rezultatai pagal COPRAS, SAW, TOPSIS ir EDAS metodus .....	73
3.3.4. Apibendrinti Vilniaus miesto seniūnijų vertinimo rezultatai pagal vidurkio, Borda ir Copeland metodus .....	82
3.4. Sveiko ir saugaus būsto daugiakriterio vertinimo sprendimų paramos ir rekomendacijų sistema: mikro lygmuo.....	84
3.4.1. Duomenų bazė ir duomenų bazės valdymo sistema.....	84

3.4.2. Modelių bazė ir modelių bazės valdymo sistema.....	86
3.4.3. Sveiko ir saugaus būsto daugiakriterio vertinimo posistemis .....	87
3.4.4. Sveiko ir saugaus būsto rekomendacijų posistemis .....	93
3.5. Trečiojo skyriaus išvados .....	97
BENDROSIOS IŠVADOS .....	99
LITERATŪRA IR ŠALTINIAI.....	103
AUTORĖS MOKSLINIŲ PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS.....	117
SUMMARY IN ENGLISH.....	119
PRIEDAI <sup>1</sup> .....	135
A priedas. Mokslinės literatūros analizės apie darnios užstatytos aplinkos tyrimus santrauka pagal tris pagrindines <i>Clarivate Analytics</i> kategorijas .....	136
B priedas. Bibliometrinė sveikos ir saugios užstatytos aplinkos vertinimo rodiklių sistemos analizė.....	139
C priedas. Europos miestų gyvenimo kokybės indekso prioritetų palyginimas pagal NUMBEO ir COPRAS metodus (2012–2016) .....	140
D priedas. Vilniaus miesto seniūnijų vertinimo pradinių duomenų lentelė .....	147
E priedas. Sveikos ir saugios užstatytos aplinkos vertinimo klausimyno pavyzdys .....	148
F priedas. Sveikos ir saugios užstatytos aplinkos ekspertinio vertinimo rezultatai .....	150
G priedas. COPRAS, SAW, TOPSIS metodų ekonominės, socialinės ir aplinkos apsaugos vertinimai ir apibendrinti vertinimai .....	153
H priedas. Disertacijos autorės sąžiningumo deklaracija .....	155
I priedas. Bendra autorių sutikimai teikti publikacijose skelbtą medžiagą mokslo daktaro disertacijoje .....	156
J priedas. Autorės mokslinių publikacijų disertacijos tema kopijos.....	178

---

<sup>1</sup> Priedai pateikiami pridėtoje kompaktinėje plokštelėje.



---

# Contents

INTRODUCTION .....	1
Problem formulation .....	1
Relevance of the thesis .....	2
Object of the thesis .....	3
Aim of the thesis .....	3
Objectives of the thesis.....	3
Research methodology .....	4
Scientific novelty of the thesis .....	4
Practical value of the research findings.....	5
Defended statements .....	5
Approval of the findings.....	6
Structure of the dissertation.....	6
 1. ANALYSIS OF SCIENTIFIC LITERATURE ON THE RESEARCHES ABOUT SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT, HEALTHY AND SAFE HOME.....	 7
1.1. Literature analysis on sustainable built environment published between 1998 and 2015 .....	7
1.1.1. The number of publications by year, country, research area and Clarivate Analytics categories .....	9

1.1.2. Analysis of literature on sustainable built environment by three key Clarivate Analytics categories: environmental sciences, environmental studies, and construction and building technology .....	13
1.2. Role of housing in ensuring health and safety.....	16
1.3. The concept of healthy and safe home in Lithuania and abroad.....	20
1.4. Assessment of healthy and safe home at macro, meso and micro levels.....	23
1.5. Conclusions of Chapter 1 and the objectives of the dissertation .....	26
<b>2. ASSESSMENT METHODOLOGY FOR HEALTHY AND SAFE HOME IN THE BUILT ENVIRONMENT.....</b>	<b>27</b>
2.1. Development the criteria systems for the assessment of healthy and safe home in the built environment.....	28
2.1.2. Macro level .....	28
2.1.2. Meso level.....	29
2.1.3. Micro level.....	36
2.2. Preparation of input data for multiple criteria analysis.....	39
2.3. Criteria weighting methods .....	41
2.3.1. Establishing objective criteria weights.....	41
2.3.2. Establishing subjective criteria weights based on expert interviews.....	44
2.3.3. Integrating objective and subjective weights .....	45
2.4. Multiple criteria healthy and safe home assessment methods for the analysis of macro, meso and micro environment .....	46
2.4.1. COPRAS method .....	46
2.4.2. INVAR method .....	49
2.4.3. SAW, TOPSIS, EDAS methods.....	52
2.5. Conclusions of Chapter 2 .....	55
<b>3. MULTIPLE CRITERIA ASSESSMENT OF HEALTHY AND SAFE HOME AT MACRO, MESO AND MICRO LEVELS AND THE NEW DECISION SUPPORT AND RECOMMENDER SYSTEM.....</b>	<b>57</b>
3.1. The conceptual assessment model for healthy and safe home.....	58
3.2. Assessing the city of Vilnius in the context of other European cities: macro level .....	60
3.2.1. Comparison for the years 2012–2016 of the quality of life of Vilnius and other European cities.....	60
3.2.2. Recommendations to improve the quality of life criteria.....	62
3.2.3. Optimization of the real estate prices and income ratio according to the INVAR method .....	64
3.2.4. Calculation of Vilnius hypothetical real estate prices and the income ratio .....	66
3.3. Assessing the neighbourhoods of Vilnius: meso level .....	67
3.3.1. Research methodology at meso level .....	67
3.3.2. The neighbourhoods of Vilnius and their features .....	69
3.3.3. Results produced by MCDM methods: the COPRAS, SAW, TOPSIS and EDAS methods.....	73



3.3.4. Summarised rankings of the neighbourhoods of Vilnius: the rank average, Borda and Copeland methods .....	82
3.4. Multiple criteria assessment decision support and recommender system for healthy and safe home: micro level .....	84
3.4.1. Database and the database management system .....	84
3.4.2. Model base and the model base management system .....	86
3.4.3. Healthy and safe home multiple criteria assessment subsystem .....	87
3.4.4. Healthy and safe home recommender subsystem.....	93
3.5. Conclusions of Chapter 3 .....	97
GENERAL CONCLUSIONS .....	99
REFERENCES .....	103
LIST OF PUBLICATIONS BY THE AUTHOR ON THE TOPIC OF DISSERTATION .....	117
SUMMARY IN ENGLISH.....	119
ANNEXES <sup>1</sup> .....	135
Appendix A. Summary of scientific literature analysis on sustainable built environment researches by three main Clarivate Analytics categories .....	136
Appendix B. Bibliometric analysis of the system of criteria for the assessment of healthy and safe built environment.....	139
Appendix C. Rankings of European cities in the quality-of-life index compared using NUMBEO and the COPRAS method (2012–2016).....	140
Appendix D. The input data table for the assessment of the neighbourhoods of Vilnius city.....	147
Appendix E. Sample questionnaire of healthy and safe built environment assessment .....	148
Appendix F. Results of the expert judgment of healthy and safe built environment .....	150
Appendix G. Economic, social and environmental assessment with the help of COPRAS, SAW and TOPSIS, and assessment summaries .....	153
Appendix H. Declaration of academic integrity .....	155
Appendix I. The coauthors' agreements to present publications material in the doctoral dissertation defense .....	156
Appendix J. Copies of scientific publications by the author on the topic of the dissertation .....	178

---

<sup>1</sup> The annexes are available in the CD attached to the dissertation.



---

# Įvadas

## Problemos formulavimas

Naujų ir inovatyvių idėjų diegimas miesto planavime yra naujas iššūkis, kurį reikia įveikti kuriant darnią užstatytą aplinką (Zavadskas, Antucheviciene 2006; Viteikiene, Zavadskas 2007; Kaklauskas *et al.* 2015). Tačiau darni plėtra suprantama ne tik kaip ekonominių, socialinių ir aplinkosauginių rodiklių įvertinimas, bet ir kaip sveikos ir saugios aplinkos bei bendruomenės kūrimas (Maliene, Malys 2009; Lee *et al.* 2010; Lukyte 2011; Dempsey *et al.* 2012; IPH Corporate Plan 2013; Mulliner *et al.* 2013, 2016; Ceccato, Lotteau *et al.* 2015; Sohn 2016).

Pagrindinis užstatytos aplinkos objektas – pastatas, kuris lemia žmogaus gyvenimo, darbo, poilsio kokybę ir sveikatą, o netinkamos gyvenimo sąlygos kelia grėsmę tiek fizinei, tiek psichinei žmonių sveikatai. Sąveika tarp būsto ir gyvenamosios aplinkos veiksnių bei sveikatos yra sudėtinga ir kompleksinė. Daugelis sveikatai įtaką darančių veiksnių yra tiesiogiai susiję su pastatų kokybe ir konstrukcijomis. Neigiamą įtaką sveikatai gali daryti bloga pastatų kokybė, netinkama įranga, patalpų dydis, struktūra ir pan. (Office of the Deputy Prime... 2006; Kaklauskas *et al.* 2013). Nelaimės namuose atsitinka dėl įvairiausių priežasčių: slidžių grindų, turėklų nebuvimo, netinkamo apšvietimo ir pan. (Sarbu, Sebarchievici 2011; Keall *et al.* 2013, 2015; Kang *et al.* 2014; Indoor Air Quality (IAQ) Scientific... 2016). Kita vertus, ne tik vidinė, bet ir išorinė gyve-

namoji aplinka turi poveikį žmogaus sveikatai. Didėjančios statybos, gamybos apimtys, netinkamas energijos išteklių naudojimas lemia blogėjančią oro kokybę, daugėjančių ligų skaičių, spartėjančią klimato kaitą ir pan. (De Meester *et al.* 2009; Dempsey *et al.* 2012; Stanhope 2012; Anderson *et al.* 2015).

Darniai užstatytai aplinkai analizuoti gali būti taikomi įvairūs daugiakriteriai sprendimų priėmimo metodai: AHP, ELECTRE, TOPSIS, COPRAS, ANP (Dong *et al.* 2014; Nilashi *et al.* 2015; Karaca *et al.* 2015; Mulliner *et al.* 2016; Motuzienė *et al.* 2016). Pavyzdžiui, Karaca *et al.* (2015) pritaikė neapibrėžtųjų aišių AHP ir ELECTRE metodus futuristinei darnios užstatytos aplinkos idėjai įvertinti, kurią pavadino „Miesto pulsas“. Mulliner *et al.* (2016) integravo AHP, TOPSIS ir COPRAS metodus darniam būsto įperkamumui analizuoti. Nilashi *et al.* (2015) sukūrė žiniomis pagrįstą ekspertinę sistemą žaliųjų pastatų vertinimui taikant AHP metodą. Esant daugiakriterių metodų gausai, šiame darbe siūloma sveiko ir saugaus būsto makro, mezo ir mikro aplinkos vertinimo metodologija, atsižvelgiant į darnios plėtros principus.

Tiriamąją problemą sudaro sveiko ir saugaus būsto vertinimas makro, mezo ir mikro lygmenyse, taikant daugiakriterius metodus, bei sprendimų paramos ir rekomendacijų sistema, skirta nustatyti būsto sveikumo klasę, atsižvelgiant į galimus kilti pavojus, bei teikti rekomendacijas vartotojui, kaip sumažinti kylančią riziką jo sveikatai ir saugumui.

## Darbo aktualumas

Užstatyta aplinka – žmogaus sukurta aplinka, tokia kaip namai, mokyklos, darbo aplinka, parkai, pramoniniai rajonai, ūkis, keliai ir geležinkeliai (Srinivasan *et al.* 2013). Tai erdvė, kuriose žmogus gyvena ir dirba (pavyzdžiui, namai, pastatai, gatvės, atviros erdvės ir infrastruktūra). Pagrindinis užstatytos aplinkos objektas – pastatas, kuris lemia žmogaus gyvenimo, darbo, poilsio kokybę ir sveikatą (Sarbu, Sebarchievici 2011; Kang *et al.* 2014; Keall *et al.* 2013, 2015; Indoor Air Quality (IAQ) Scientific... 2016).

Būstas gali būti suvokiamas kaip fizinis ir psichologinis objektas (Vilniaus Gedimino... 2013). Fizinio požiūriu – tai pastatas, skirtas žmogui gyventi. Sąvoka apibrėžia konstrukciją, tūrinius planinius sprendinius, panaudotas medžiagas ir integruotą įrangą. Psichologiniu požiūriu būstas suvokiamas kaip erdvė, kurioje patenkinami gyventojų poreikiai. Tinkamas būstas apima privatumo apsaugą, fizinę ir psichologinę gerovę, padeda būsto gyventojų socialinės integracijos vystymuisi (Vilniaus Gedimino... 2013). Atsižvelgiant į šiuos fizinius ir psichologinius aspektus, galima teigti, kad būstas yra kompleksinis statinys, kuris negali būti apribojamas tik konstrukcija. Europos Komisijos duomenimis, maždaug trečdalis atsitiktinių susižalojimų, dėl kurių prireikia medikų pagalbos, nutinka

būtent būstuose (Jaroslavcevienė 2012). Nelaimės atsitinka dėl įvairiausių priežasčių: blogo apšvietimo, nesaugiai įrengtų laiptų, slidžių paviršių, atvirų ugnies šaltinių ir pan. Sveikatai kenkia ir triukšmas, oro tarša patalpose, pelėšiai, toksiškos cheminės medžiagos bei kiti veiksniai (Sarbu, Sebarchievici 2011; Kang *et al.* 2014; Keall *et al.* 2013, 2015; Indoor Air Quality (IAQ) Scientific... 2016). Taigi būstą veikia daugybė makro, mezo ir mikro aplinkos veiksnių, todėl svarbu kompleksiskai analizuoti sveiką ir saugų būstą bei nustatyti, kaip būtų galima būtų mažinti kylančių pavojų riziką gyventojų sveikatai ir saugumui.

## Tyrimų objektas

Darbo tyrimų objektas – sveikas ir saugus būstas, kurį veikia makro, mezo ir mikro aplinkos veiksniai.

## Darbo tikslas

Pagrindinis šio darbo tikslas – atsižvelgiant į darnios plėtros principus pasiūlyti sveiko ir saugaus būsto vertinimo metodologiją ir sukurti sveiko ir saugaus būsto daugiakriterio vertinimo sprendimų paramos ir rekomendacijų sistemą.

## Darbo uždaviniai

Darbo tikslui pasiekti darbe reikia spręsti šiuos uždavinius:

1. Apžvelgti įvairių šalių mokslininkų atliktų tyrimų rezultatus darnios užstatytos aplinkos srityje bei suformuluoti sveiko ir saugaus būsto sampratą.
2. Sukurti koncepcinį sveiko ir saugaus būsto vertinimo modelį kompleksiskai analizuojant makro, mezo ir mikro aplinkos veiksnius darnios plėtros kontekste.
3. Pasiūlyti ir praktiškai pritaikyti daugiakriterio vertinimo metodologiją sveiko ir saugaus būsto vertinimui:
  - makro lygmenyje (sveikos ir saugios aplinkos vertinimas miesto lygmenyje);
  - mezo lygmenyje (sveikos ir saugios aplinkos vertinimas seniūnijų lygmenyje);

- mikro lygmenyje (sveiko ir saugaus būsto vertinimas).
4. Sukurti sveiko ir saugaus būsto daugiakriterio vertinimo sprendimų paramos ir rekomendacijų sistemą būsto sveikumo klasei nustatyti ir rekomendacijoms teikti, kaip sumažinti kylančių pavojų riziką.

## **Tyrimų metodika**

Rengiant darbą remtasi užsienio šalių ir Lietuvos mokslininkų publikacijomis, tyrimais ir mokslinių studijų medžiaga. Rodiklių sistemų sudarymui naudoti Lietuvos (Vilniaus miesto savivaldybės, Lietuvos statistikos departamento ir nekilnojamojo turto) ir užsienio (Numbeo (2016), Anglijos vyriausybės) institucijų statistiniai duomenys, ataskaitos ir informaciniai leidiniai. Pasiūlytos rodiklių vertinimo sistemos apjungiant kokybinius ir kiekybinius rodiklius.

Tyrimų metu atlikta ekspertinė analizė, pritaikyti daugiakriteriai metodai (COPRAS, INVAR, SAW, TOPSIS, EDAS). Rodiklių reikšmingumai nustatyti atlikus ekspertinį vertinimą bei pasinaudojus entropijos, CILOS, IDOCRIW metodais.

## **Darbo mokslinis naujumas**

Rengiant disertaciją buvo gauti šie statybos inžinerijos mokslui nauji rezultatai:

1. Sukurtas koncepcinis sveikos ir saugios užstatytos aplinkos ir būsto vertinimo modelis, sudarant sąlygas kompleksiskai analizuoti sveiką ir saugų būstą užstatytoje aplinkoje makro, mezo ir mikro lygmenyse.
2. Pasiūlytos rodiklių sistemos sveiko ir saugaus būsto užstatytoje aplinkoje vertinimui makro, mezo ir mikro lygmenyse.
3. Pasiūlyta praktiškai pritaikoma daugiakriterio vertinimo metodologija sveiko ir saugaus būsto makro, mezo ir mikro lygmenyse vertinimui.
4. Sukurta originali sveiko ir saugaus būsto daugiakriterė vertinimo sprendimų paramos ir rekomendacijų sistema, kuri įvertinta būsto sveikumo klasę, atsižvelgiant į kylančius pavojus, ir teikia rekomendacijas, kaip mažinti jų poveikį žmogaus saugumui ir sveikatai.

## Darbo rezultatų praktinė reikšmė

Pagrindinė praktinė šio darbo rezultatų siekimo kryptis – sveiko ir saugaus būsto užstatytoje aplinkoje efektyvesnis sprendimų priėmimas, kuris padėtų mažinti nelaimingų atsitikimų riziką.

Tyrimų rezultatai buvo praktiškai pritaikyti vykdant užsakomąjį mokslo darbą „Nacionalinio sveiko būsto sertifikavimo modelio rengimas“. Taip pat įgyvendinant ERASMUS+ projektus Nr. 2015-1-FR01-KA204-015377 „Greening the Business: Green Business Management Trainings“ (GreenB), Nr. 518173-LLP-1-2011-1-UK-ERASMUS-ENW „Academic Network for Disaster Resilience to Optimise educational Development“ (ANDROID), Nr. 519195-LLP-1-2011-BG-KA3-KA3MP „Learning Augmented Reality Global Environment“, Nr. 540097-LLP-1-2013-1-BG-ERASMUS-EQR „The iProfessional“ (iPro) ir Europos struktūrinių fondų projektą Nr. VP1-3.1-ŠMM-05-K-02-006 „Lietuvos statybų technologinės platformos (LSTP) stiprinimas bei statybos sektoriaus mokslo tyrimų kryptių optimizavimas“.

## Ginamieji teiginiai

1. Darni plėtra turi būti vertinama kaip ekonominių, socialinių ir aplinkosauginių rodiklių bei sveikos ir saugios užstatytos aplinkos ir būsto joje visuma.
2. Sveikas ir saugus būstas gali būti įvertinti remiantis daugiakriterio vertinimo metodais makro, mezo ir mikro lygmenyse. Makro lygmenyje turi būti taikomi COPRAS ir INVAR metodai, mezo lygmenyje – COPRAS, SAW, TOPSIS, EDAS, o mikro lygmenyje – COPRAS metodas.
3. Sukurta originali sveiko ir saugaus būsto daugiakriterė vertinimo sprendimų paramos ir rekomendacijų sistema leidžia automatizuotu būdu nustatyti būsto sveikumo klasę ir palyginti ją su sveiko ir saugaus būsto etalonu bei teikia rekomendacijas, kaip sumažinti pavojaus riziką gyventojui.
4. Sukurtas rekomendacijų posistemis yra rizikos valdymo įrankis, padedantis būsto savininkui, gyventojui, valstybinėms institucijoms bei kitoms suinteresuotoms šalims pagal gautas rekomendacijas sumažinti kylančių grėsmių tikimybę.

## Darbo rezultatų apibavimas

Svarbiausi tyrimų rezultatai publikuoti aštuoniuose mokslinėse publikacijose: du – žurnaluose, įtrauktuose į *Clarivate Analytics* sąrašą (Zavadskas *et al.* 2017 a, b), keturi – recenzuojamuose užsienio mokslo žurnaluose (Kaklauskas *et al.* 2013 a, b; Ubartė *et al.* 2015; Ubartė, Kaplinski 2016), vienas – konferencijų straipsnių rinkinyje, referuotame *Clarivate Analytics ISI* duomenų bazėje (Kaklauskas *et al.* 2015), vienas – recenzuojamame Lietuvos konferencijos straipsnių rinkinyje (Čerkauskas, Jackutė (Ubartė) 2014). Disertacijos tema perskaityti keturi pranešimai Lietuvos ir kitų šalių konferencijose:

1. Tarptautinėje konferencijoje „Operational Research in Sustainable Development and Civil Engineering – Meeting of EURO Working Group and 15th German–Lithuanian–Polish Colloquium (ORSDCE 2015)“, 2015 m. birželio 19–21 d., Poznanė, Lenkija.
2. Tarptautinėje konferencijoje „4th international conference on building resilience, incorporating the 3rd annual conference of the ANDROID disaster resilience network“, 2014 m. rugsėjo 8–11 d. Salfordas, Didžioji Britanija.
3. 18-ojoje Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas – Lietuvos ateitis“, 2015 m. kovo 19 d., Vilnius, Lietuva.
4. 17-ojoje Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas – Lietuvos ateitis“, 2014 m. kovo 19–28 d., Vilnius, Lietuva.

## Disertacijos struktūra

Disertaciją sudaro įvadas, trys skyriai ir bendrosios išvados.

Darbo apimtis – 136 puslapiai (neskaitant priedų), tekste pateikta 52 numeruotos formulės, 25 paveikslai ir 23 lentelės. Rašant disertaciją buvo naudotasi 219 literatūros šaltiniais.



---

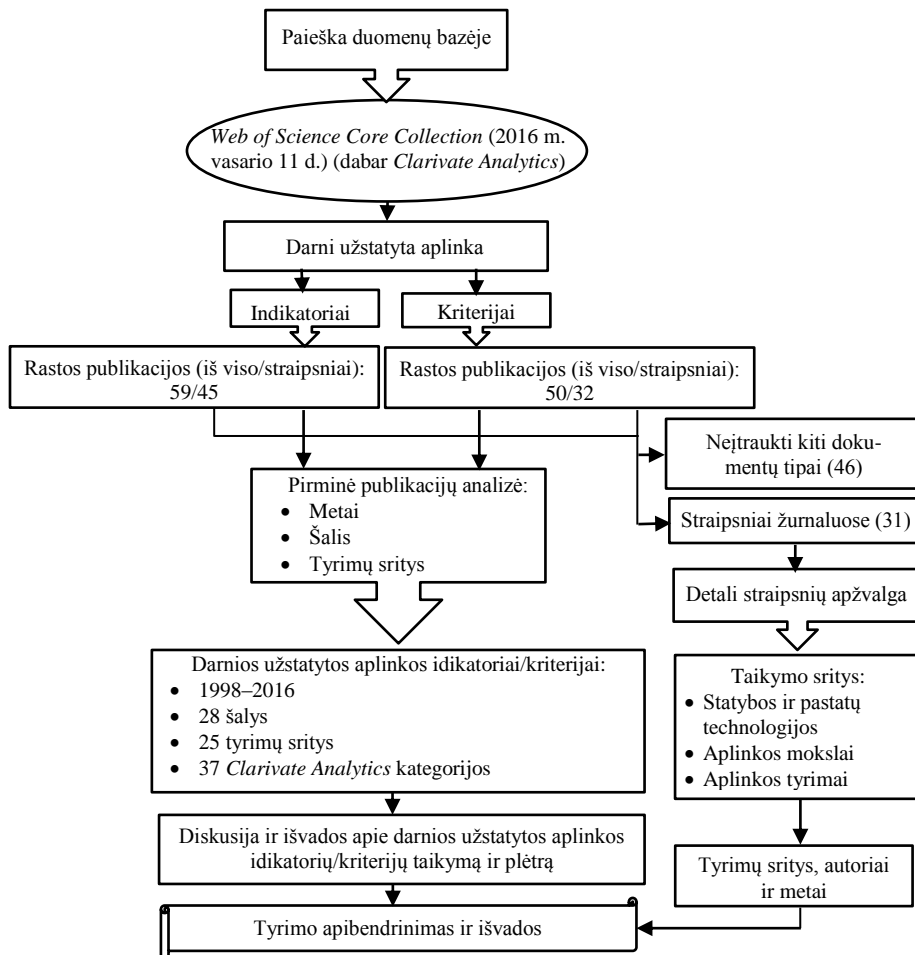
## **Mokslinės literatūros apie darnios užstatytos aplinkos bei sveiko ir saugaus būsto tyrimus analizė**

Skyriuje pateikiama darnios užstatytos aplinkos 1998–2015 metų literatūros apžvalga 1998–2015, būsto poveikio sveikatai ir saugumui analizė, sveiko ir saugaus būsto samprata Lietuvoje ir užsienyje bei sveiko ir saugaus būsto užstatytoje aplinkoje vertinimo analizė makro, mezo ir mikro lygmenyse. Skyriaus tematika paskelbti 3 moksliniai straipsniai (Ubartė *et al.* 2015; Ubartė, Kaplinski 2016; Zavadskas *et al.* 2017a) ir skaitytas pranešimas 18-ojoje jaunųjų mokslininkų konferencijoje.

### **1.1. 1998–2015 metų literatūros analizė apie darnios užstatytos aplinkos tyrimus**

Mokslinėje literatūroje užstatyta aplinka suprantama, kaip žmogaus sukurta aplinka (namai, mokyklos, darbo aplinka, parkai, pramoniniai rajonai, ūkis, keliai ir geležinkeliai, atviros erdvės), kurioje jis dirba ir gyvena (Srinivasan *et al.* 2003, Stanhope 2012). Statybos pramonė labiausiai lemia darnios užstatytos ap-

linkos plėtrą (De Meester *et al.* 2009), nes ji sunaudoja 62 % galutinės energijos ir yra pagrindinis šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos šaltinis (55 %) (Anderson *et al.* 2015).



**1.1 pav.** Literatūros analizės schema (sudaryta autorės)

**Fig. 1.1.** Scheme of the analysis of literature (developed by author)

Darnaus vystymosi koncepcijos pagrindas – konstruktyvi trijų pagrindinių komponentų (aplinkos, ekonomikos ir visuomenės) sąveika (Štreimikienė *et al.* 2014). Miestas yra sudėtingas nuolat kintantis fizinis ir socialinis reiškiny, kuriame vyksta kiekybiniai ir kokybiniai pokyčiai. Visuomenės gerovė priklauso nuo darnios užstatytos aplinkos plėtros (Zavadskas *et al.* 2007). Darni plėtra

tampa dominuojančiu principu planuojant naujus ir kompaktiškus miesto gyvenamuosius rajonus. Naujų ir inovatyvių idėjų diegimas miesto planavime yra naujas iššūkis, kurį reikia įveikti kuriant darnią užstatytą aplinką (Zavadskas, Antucheviciene 2006; Viteikiene, Zavadskas 2007; Kaklauskas *et al.* 2015).

Darniai užstatytai aplinkai analizuoti mokslininkai taiko įvairius daugiakriterius sprendimų priėmimo (MCDM) metodus. Zavadskas *et al.* (2014) atliko MCDM ir daugiakriterių sprendimų priėmimo (MADM) metodų apžvalgą, kurie buvo publikuoti 1992–2013 metais. Mokslininkai teigia, jog per šį laikotarpį buvo paskelbta 108 apžvalgos *Clarivate Analytics* duomenų bazėje, iš kurių 9,26 % yra iš aplinkos mokslų, ekologijos srities (daugiausiai apžvalgų atlikta energijos išteklių srityje – 16,67 %) (Zavadskas *et al.* 2014). Pagal Zavadskas *et al.* (2016) atliktą apžvalgą apie daugiakriterių metodų taikymą inžinerijoje, labiausiai taikomos analitinės hierarchijos proceso (AHP) ir variantų racionalumo nustatymo artumo idealiam taškui (TOPSIS) arba analitinio tinklo proceso (ANP) ir TOPSIS metodų deriniai, taip pat jų deriniai su neapibrėžtųjų aišių teorija. Sprendžiant darnios energijos ir atsinaujinančios energetikos klausimus populiariausi metodai: AHP, VIKOR ir ANP, TOPSIS ir PROMETHEE bei kiti metodai ir jų deriniai (Mardani *et al.* 2015).

Atliekant darnios užstatytos aplinkos literatūros analizę buvo naudojama *Clarivate Analytics* duomenų bazė, kuri iki 2016 metų vadinosi *Thomson Reuters Web of Science Core Collection*. Literatūros apžvalgos eiga pateikta 1.1 paveiksle, išanalizuoti straipsniai paskelbti iki 2016 m. vasario 11 d. Kadangi užsienio literatūroje autoriai vartoja skirtingus terminus „kriterijus“ ir „indikatorius“, analizė atlikta remiantis abiem terminais.

### **1.1.1. Publikacijų skaičius pagal metus, šalis, tyrimų sritį ir *Clarivate Analytics* kategorijas**

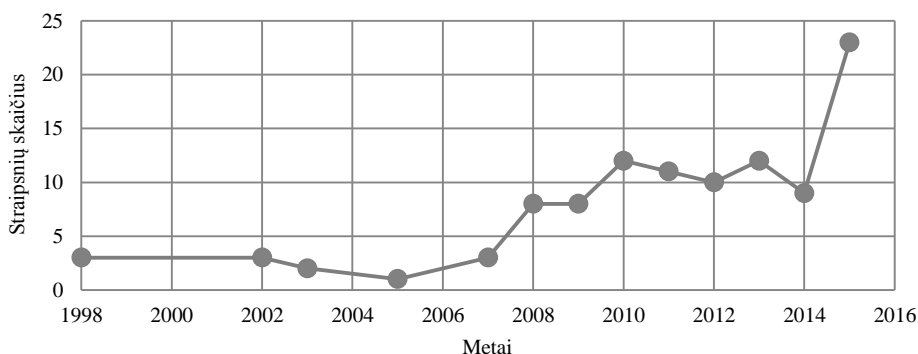
*Clarivate Analytics* duomenų bazėje (iki 2016 m. vasario 11 d.) su terminu „kriterijus“ buvo 50 publikacijų, apimant visus publikacijų tipus, įskaitant tiriamuosius straipsnius, apžvalgas, publikacijas moksliniuose informacijos instituto duomenų bazės „ISI Proceedings“ leidiniuose ir kitus dokumentus. Analizuojant paiešką su terminu „indikatorius“ buvo gautos 59 publikacijos, apimant visus publikacijų tipus, įskaitant tiriamuosius straipsnius, apžvalgas, publikacijas moksliniuose informacijos instituto duomenų bazės „ISI Proceedings“ leidiniuose ir kitus dokumentus (1.1 lentelė). Toliau analizė atliekama apjungiant šiuos abu terminus.

**1.1 lentelė.** Publikacijų skaičius darnios užstatytos aplinkos srityje *Clarivate Analytics* duomenų bazėje (sudaryta autorės)

**Table 1.1.** Publications on the topic of the sustainable built environment in Clarivate Analytics database (developed by author)

Publikacijos apie darnios užstatytos aplinkos kriterijus	Publikacijų skaičius
Iš viso	59
Straipsniai	45
Publikacijos apie darnios užstatytos aplinkos indikatorius	
Iš viso	50
Straipsniai	32

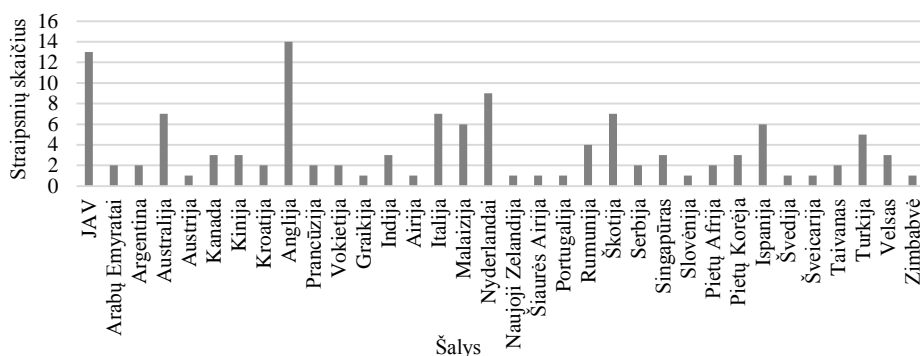
Analizuojant straipsnių, paskelbtų 1998–2015 metais, skaičių, 2015 m. buvo paskelbta 60,87 % daugiau straipsnių nei 2014 m. Palyginamasis grafikas pateiktas 1.2 paveiksle. 2000 m. ir 2006 m. straipsnių šia tematika nebuvo paskelbta. 2016 m. jau yra paskelbtas vienas straipsnis darnios užstatytos aplinkos srityje. Galima pastebėti, jog nuo 2005 m. straipsnių skaičius kasmet auga. Galima daryti išvadą, jog didėja mokslininkų susidomėjimas šia sritimi.



**1.2 pav.** Darnios užstatytos aplinkos straipsnių skaičius pagal metus (sudaryta autorės)

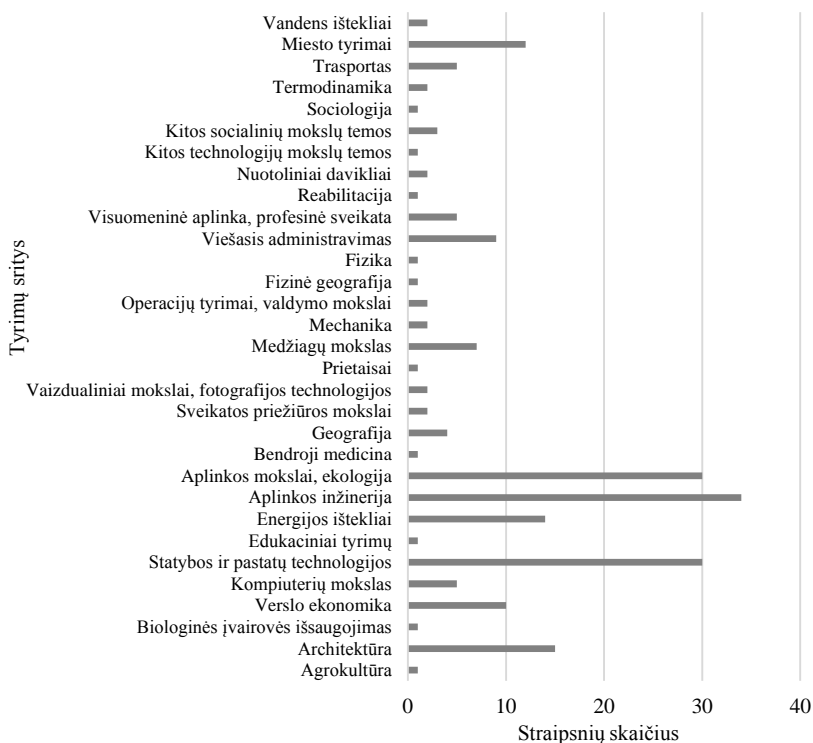
**Fig. 1.2.** Number of articles of the sustainable built environment by years (developed by author)

Daugiausiai straipsnių darnios užstatytos aplinkos srityje yra paskelbta Didžiojoje Britanijoje ir Jungtinėse Amerikos Valstijose (JAV). Tai sudaro atitinkamai 11,48 % (t. y. 14 iš 122) ir 10,66 % (t. y. 13 iš 122) visų straipsnių. Palyginamasis grafikas pateiktas 1.3 paveiksle. Kitos šalys, publikuojančios straipsnius darnios užstatytos aplinkos srityje, yra Nyderlandai (7,38 %), Australija (5,74 %), Italija (5,74 %), Škotija (5,74 %), Malaizija (4,92 %) ir Ispanija (4,92 %).



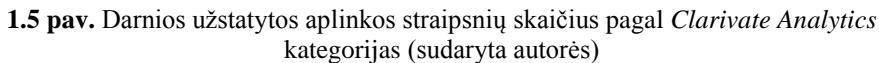
**1.3 pav.** Darnios užstatytos aplinkos straipsnių skaičius pagal šalis (sudaryta autorės)

**Fig. 1.3.** Number of articles of the sustainable built environment by country (developed by author)



**1.4 pav.** Darnios užstatytos aplinkos straipsnių skaičius pagal tyrimų sritis (sudaryta autorės)

**Fig. 1.4.** Number of articles of the sustainable built environment by a research area (developed by author)

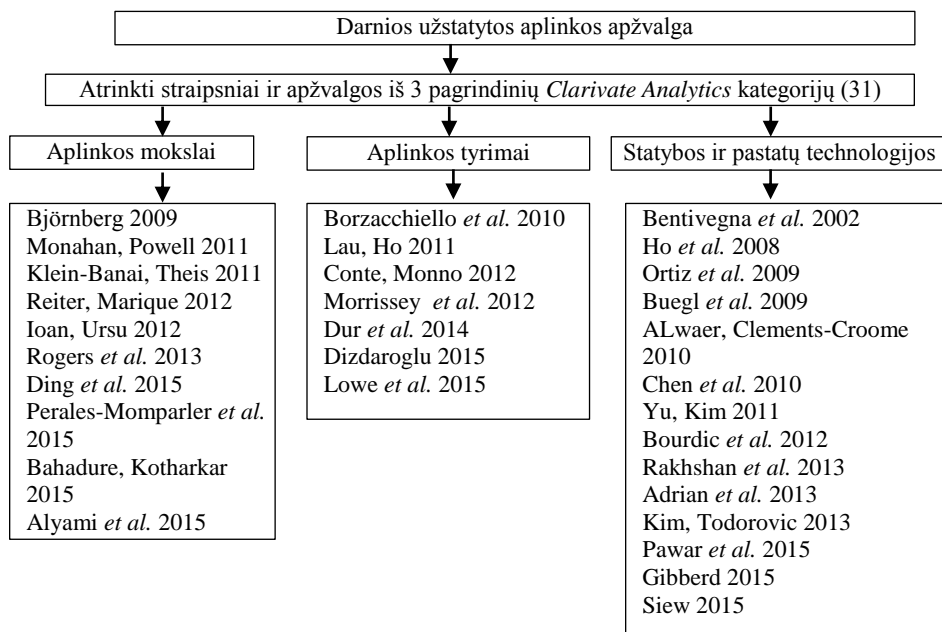


Pagal tyrimų sritis, daugiausia tyrimų atliekama statybos ir pastatų technologijų, aplinkos inžinerijos ir aplinkos mokslų ekologijos srityse (1.4 pav.). Pa-

naši tendencija išlieka analizuojant *Clarivate Analytics* kategorijas. Pagrindinės *Clarivate Analytics* kategorijos, kurioms priskiriami atliekami darnios užstatytos aplinkos tyrimai, yra statybos ir pastatų technologijos, aplinkos mokslai ir tyrimai, statybos inžinerija (1.5 paveikslas). Dėl šios priežasties tolimesnei analizei atlikti ir buvo pasirinktos trys pagrindinės taikymo sritys: aplinkos mokslai, aplinkos tyrimai, statybos ir pastatų technologijos.

### 1.1.2. Literatūros analizė darnios užstatytos aplinkos tema pagal tris pagrindines *Clarivate Analytics* kategorijas: aplinkos mokslai, aplinkos tyrimai, statybos ir pastatų technologijos

Atliekant darnios užstatytos aplinkos analizę, išnagrinata 31 publikacija (straipsniai ir apžvalgos) iš *Clarivate Analytics* duomenų bazės aplinkos mokslų, aplinkos tyrimų ir statybos bei pastatų technologijų mokslų srityse. Darnios užstatytos aplinkos analizės santrauka pateikta A priede lentelės forma. 1.6 paveiksle pateiktas atliktos analizės grafinis atvaizdavimas.



**1.6 pav.** Darnios užstatytos aplinkos analizės grafinis atvaizdavimas pagal tris pagrindines *Clarivate Analytics* kategorijas (sudaryta autorės)

**Fig. 1.6.** Graphical presentation of research on the sustainable built environment in three main Clarivate Analytics categories (developed by author)

Darnią plėtrą galima apibūdinti kaip gyvenimo kokybės ir socialinių, ekonominių bei aplinkos sąlygų gerinimą ateities kartoms. Gerinant darnios plėtros rodiklius, turi būti atkreipiamas dėmesys į statybos sektorių, kuris yra ypač aktyvi pramonės šaka visame pasaulyje (Ortiz *et al.* 2009). Dėl šios priežasties Ortiz *et al.* (2009) atliko gyvavimo ciklo analizę kaip pagerinti aplinkos procesus, siekiant mažinti žalą aplinkai, ir gyvenimo kokybę, sudarant sąlygas žmonėms gyventi sveikoje aplinkoje. Pasak Lowe *et al.* (2015) sveikos, darnios ir tinkamos gyventi bendruomenės formavimas yra glaudžiai susijęs su miesto, aplinkos plėtra ir visuomenės sveikatos gerinimu.

Ho *et al.* (2008) savo tyrime taip pat akcentavo sveiką ir saugią aplinką. Mokslininkai nagrinėjo ryšį tarp sveikos ir saugios aplinkos kūrimo bei gyvenamųjų daugiaaukščių pastatų tankumo Honkonge. Pagal Ho *et al.* (2008) sukurta sveikos ir saugios aplinkos išlaidų efektyvumo vertinimo schemą nustatyta, jog lyginant daugiabučius pastatus tame pačiame rajone, sveikos ir saugios aplinkos sąlygos žymiai skiriasi. Daugelis skirtumų buvo susiję ne su pastato konstrukcija, o su skirtingu pastatų valdymu. Yu, Kim (2011) analizavo gyventojus supančią aplinką (vidaus mikroklimatą) darniuose pastatuose. Atliktoje ataskaitoje teigiama, jog turi būti sudarytas patalpų vidaus mikroklimato valdymo planas bet kuriam statomam pastatui, įtraukiant gyvenamųjų patalpų mikroklimato sertifikavimą.

Užsienio mokslininkai sukūrė įvairių darnios užstatytos aplinkos vertinimo metodologijų (Bentivegna *et al.* 2002; Björnberg 2009; Morrissey *et al.* 2012; Siew 2015). Pavyzdžiui, Björnberg (2009) sukūrė vertinimo metodologiją, skirtą aplinkos reguliavimo tikslams pasiekti. Mokslininkas naudojo terminą „Gera užstatyta aplinka“, kuri yra įvertinama pagal 25 indikatorius, orientuotus į skirtingus užstatytos aplinkos aspektus, tokius kaip benzolo lygis ore, namų skaičius, kuriuose yra pelėsis ir drėgmė, raudono lygis daugiabučiuose. Tačiau Bentivegna *et al.* (2002) pasiūlė BEQUEST metodologiją, skirtą struktūrinti informaciją apie darnią užstatytą plėtrą. Ši metodologija įvertina objektą iš socialinės – ekonominės ir techninės pusės atsižvelgiant į planavimą, projektavimą bei statybą pagal dvi dimensijas: laiką ir erdvę. Strateginę projektų vertinimo metodologiją sukūrė Morrissey *et al.* (2012), o Siew (2015) pasiūlė alternatyvią „Žaliųjų pastatų fondo“ metodologiją darnių pastatų finansavimui vertinti.

Kiti mokslininkai taip pat pasiūlė darnios užstatytos aplinkos vertinimo metodologijas (Reiter, Marique 2012; Adrian *et al.* 2013; Perales-Momparler *et al.* 2015). Perales-Momparler *et al.* (2015) pateikė inovatyvią metodologiją regeneracinės miesto urbanistinės aplinkos koncepcijai vertinti holistiniu požiūriu. Reiter, Marique (2012) pasiūlė gyvenamųjų pastatų ir transporto energijos suvartojimo vertinimo metodologiją miesto lygmenyje. Šis metodas yra paremtas geografinės informacinės sistemos (GIS) naudojimo pagrindu, integruojant statistinius miesto ir transporto kriterijų vertinimus. Metodologija leidžia anali-



zuoti ir modeliuoti pastatų ir transporto energijos suvartojimą miesto lygmenyje. Taip pat suteikia galimybę įvertinti miesto energijos suvartojimą ir prognozuoti miesto atnaujinimo strategijų poveikį. Statybos ir pastatų technologijų srityje Adrian *et al.* (2013) analizavo komercinių biurų pastato išorinių atitvarų elgseną Singapūre. Mokslininkai pasiūlė metodologiją, kurioje GIS sistema naudojama kaip platforma integruoti miesto klimato vertinimo įrankius. Tokiu principu Adrian *et al.* (2013) pasiūlyta metodologija įvertina ir aplinkos veiksmus.

Darnumas yra vienas pagrindinių reikalavimų statybos sektoriuje. Ši šaka nuolat susiduria su spaudimu. Kuriamos taisyklės ir aplinkos vertinimo metodologijos, skirtos mažinti neigiamus statybos sektoriaus sukeltus padarinius (Alyami *et al.* 2015). Alyami *et al.* (2015) pasiūlė taikyti reikšmingumą sistemą, pagal kurią Saudo Arabijos aplinkos vertinimo metodo (SEAM) kategorijos yra suskirstytos pagal prioritetą. Tyrimo metodologijoje naudojamas AHP metodas. Mokslininkai teigia, kad gerai žinomi aplinkos vertinimo metodai nėra pilnai tinkami Saudo Arabijos užstatytai aplinkai vertinti. Dėl tikslesnio aplinkos vertinimo mokslininkai sukūrė SEAM kategorijas, kriterijus ir vertinimo sistemą. ALwaer, Clements-Croome (2010) taip pat pasiūlė AHP metodu pagrįstą vertinimą. Mokslininkai sukūrė darnios užstatytos aplinkos vertinimo įrankį *Sustainable Built Environment Tool* (SuBETool), kuris pagrįstas lyginamuoju vertinimu, o ne absoliučiais dydžiais. Šis įrankis gali būti naudojamas lyginant dabartines vertinimo sistemas, kuriant darnių intelektinių pastatų plėtros strategijas, gerinant pastato efektyvumą ir teikiant objektyvius rezultatus.

Ding *et al.* (2015) sukūrė miesto darnumo vertinimo modelį pagal erdvės, loginę ir laiko dimensijas, kuris yra skirtas darnios plėtros indikatorių parinkimui. Su šiuo modeliu darnus miesto augimas ir besivystančių šalių plėtra gali būti įvertinta kompleksiskai holistiniu požiūriu (Ding *et al.* 2015). Conte, Monno (2012) taip pat sukūrė integruotą miesto pastatų vertinimo modelį, paremtą urbanistine plėtra, kuri yra užstatytos aplinkos kaip socialinės – ekologinės sistemos koncepcija. Šis modelis, kaip ir Ding *et al.* (2015), taip pat yra pagrįstas holistiniu požiūriu. Modelio tikslas yra įvertinti pastatų subalansuotumą, ypatinę dėmesį skiriant urbanistikai. Kitų autorių (Adrian *et al.* 2013; Dur *et al.* 2014; Dizdaroglu 2015) sukurti modeliai yra pateikti A priede.

Analizuojamu laikotarpiu buvo sukurta daug vertinimo sistemų ir įrankių darniai užstatytai aplinkai vertinti (Borzacchiello *et al.* 2010; Chen *et al.* 2010; Bourdic *et al.* 2012; Kim, Todorovic 2013; Ding *et al.* 2015). Pavyzdžiui, Bourdic *et al.* (2012) sukūrė sistemą, skirtą padidinti energetinį efektyvumą ir sumažinti poveikį aplinkai. Nors daugelis vertinimo sistemų analizuoja darnumą tik pastato lygmenyje, tačiau šio lygmens, pasak mokslininkų, nepakanka. Analizė turi apimti kaimynystės, rajono ir miesto lygius (Bourdic *et al.* 2012). Gibberd (2015) sukūrė darnios užstatytos aplinkos plėtros sistemą, kuri suteikia galimybę

įvertinti skirtingas pastato ir kaimynystės variantus. Sistema yra orientuota į pastato gyvavimo procesą ir neigiamų padarinių aplinkai mažinimą (Gibberd 2015).

Atlikus užsienio literatūros apžvalgą, pastebima, kad darni plėtra yra suprantama ne tik kaip ekonominių, socialinių ir aplinkosauginių kriterijų įvertinimas, bet ir kaip sveikos ir saugios aplinkos bei bendruomenės kūrimas. Mokslininkai naudoja įvairius daugiakriterius metodus darniai užstatytai aplinkai vertinti holistiniu požiūriu.

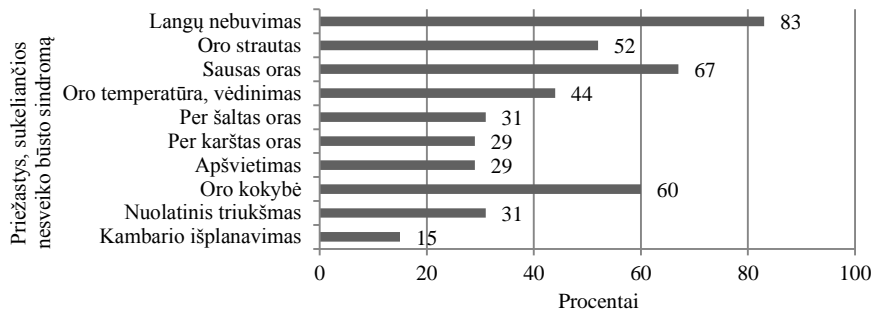
## 1.2. Būsto poveikis sveikatai ir saugumui

Pagrindinis užstatytos aplinkos objektas – pastatas, kuris lemia žmogaus gyvenimo, darbo, poilsio kokybę ir sveikatą. Mokslininkai atliko daug tyrimų, kurių metu analizuojamas ryšys tarp būsto kokybės ir gyventojų sveikatos bei saugumo (Sarbu, Sebarchievici 2011; Keall *et al.* 2013, 2015; Kang *et al.* 2014; Indoor Air Quality (IAQ) Scientific... 2016). Netinkamas pastato mikroklimatas, mezo ir makro aplinka didina susirgimo įvairiomis ligomis riziką.

Straipsnyje Indoor Air Quality (IAQ) Scientific... (2016) analizuojami sveikatos sutrikimai, kuriuos sukelia drėgmė ir pelėsis pastatuose. Mokslininkai nustatė, jog drėgmė ir pelėsis pastatuose (pavyzdžiui, matoma drėgmė, matoma vandens padaryta žala, matomas pelėsis ar jaučiamas pelėsio kvapas) yra susijęs su didėjančiu ligų skaičiumi: atsiradusi astma, pasunkėjusi astmos forma, kvėpavimo takų infekcijos, bronchitas, alerginis rinitas ir egzema. Drėgmė ir pelėsis taip pat susiję su įvairiais kvėpavimo simptomais: sunkumas kvėpuoti (disnėja), švokštimas, kosulys, viršutinių kvėpavimo takų simptomai. Taip pat yra daug įrodymų, jog drėgmė ir pelėsis sąlygoja padidėjusio jautrumo pneumoniją (Indoor Air Quality (IAQ) Scientific... 2016).

Sarbu, Sebarchievici (2011) analizavo nesveiko būsto sindromą. Dažniausia nesveiko būsto sindromo (NBS) priežastis yra terminis diskomfortas ir netinkama oro kokybė. 1.7 ir 1.8 paveiksluose pateiktos pagrindinės NBS atsiradimo priežastys ir gyventojams kylantys simptomai. Dažniausiai NBS atsiranda dėl langų nebuvimo (83 %) ir netinkamo oro (bloga oro kokybė – 60 %, sausas oras – 67 %, oro srautas – 52 %). Šios priežastys gali sukelti letargiją (57 %), nosies užgulimą (47 %), akių dirginimą (46 %) ir slogą (46 %).

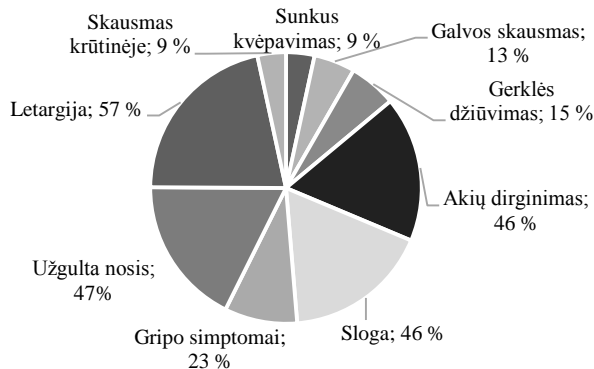
Kang *et al.* (2014) įvertino keturių skirtingų daugiabučių namų kompleksą atsižvelgiant į sveiko būsto kokybės reikalavimus. Remiantis tyrimo rezultatais, daugiabučių namų, kurie yra dešimties metų senumo, sveiko būsto kokybė sumažėjusi dėl netinkamo pastato ūkio valdymo. Sveiko būsto kokybės socialiniai ir valdymo aspektai yra ypač svarbūs gyventojams (Kang *et al.* 2014).



**1.7 pav.** Priežastys, sukeliančios nesveiko būsto sindromą, %

(Sarbu, Sebarchievici 2011)

**Fig. 1.7.** Causes of sick building syndrome, % (Sarbu, Sebarchievici 2011)



**1.8 pav.** Nesveiko būsto sindromo sukeliamų simptomų pasiskirstymas, %

(Sarbu, Sebarchievici 2011)

**Fig. 1.8.** The „sick“ building symptoms distribution, % (Sarbu, Sebarchievici 2011)

Tačiau pastatas turi būti ne tik sveikas, bet ir saugus. Namuose įvykstančios traumos sudaro didelę dalį visų nelaimingų atsitikimų skaičiaus. Europoje kiekvienais metais net 110 000 žmonių miršta namuose dėl nelaimingų atsitikimų, susižalojimų namuose ar laisvalaikio metu. Jungtinėse Amerikos Valstijose daugiau traumų nutinka namuose nei kitose vietose (Keall *et al.* 2015). Keall *et al.* (2013) teigia, kad traumos namuose yra esminė problema analizuojant žmonių sveikatos situaciją pasaulio lygiu. Mokslininkai išanalizavo susižeidimų pavojų 961 Naujosios Zelandijos namuose ir nustatė, jog apie 38 % visų susižalojimų yra susiję su konstrukciniais namų aplinkos aspektais. Pavojai, kylantys namuose dažniausiai susiję su neveikiančiais dūmų detektoriais (65 %), netinkamai

aptvertu kiemu (55 %), per karštu vandeniu (kai temperatūra aukštesnė nei 60 °C) (49 %) ir prastu lauko apšvietimu (34 %) (1.2 lentelė).

**1.2 lentelė.** Rizikos veiksniai namuose (Keall *et al.* 2013)

**Table 1.2.** Risk factors at home (Keall *et al.* 2013)

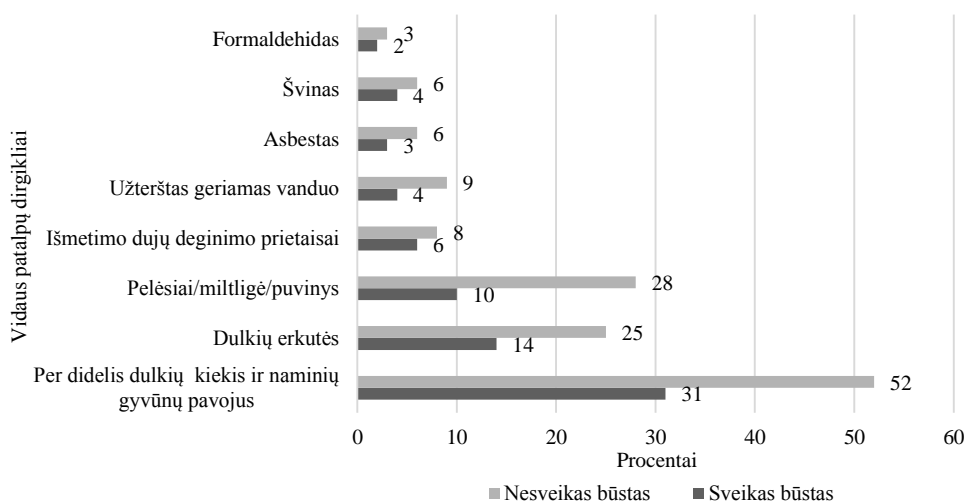
Rizikos veiksniai	Skaičius	%
Veikiančių dūmų detektorių trūkumas	620	65
Netinkamai aptvertas kiemas	530	55
Karštas vanduo (temperatūra aukštesnė nei 60 °C)	467	49
Netinkamas lauko apšvietimas	327	34
Apsinuodijimo pavojus: saugaus sandėliavimo virtuvėje ir skalbykloje trūkumas	281	29
Išpėjamųjų lipdukų ar juostelių trūkumas ant slankiojančių sistemų ar žemai montuojamų langų	212	22
Vonios grindys (netolygios, slidžios ar supuvusios)	145	15
Kiemo takai (labai statūs, apaugę, su slidžia danga arba prastai apšviesti)	102	11
Lauko laiptai (nelygūs stovai, turėklo trūkumas, slidūs, netinkama/nudaužyta laipto briauna ar kai kurių pakopų nebuvimas)	102	11
Terasos: didelis kritimas nuo terasos ir netinkami turėklai	71	7
Tvoros nebuvimas kieme, neapsaugant vaikų nuo išbėgimo į važiuojamąjį kelio dalį, ir pan.	62	6
Virtuvės grindys (slidžios arba supuvusios)	51	5
Aptiktos švino dažų vietos	39	4
Laiptai be turėklo arba netolygūs, prastos būklės, su per didele atbraila arba pakopų aukščio ir pločio svyravimai	32	3
Balkonas (prastos būklės, slidus paviršius, turėklų trūkumas ar didelės angos)	12	1
Slidūs laiptai būsto viduje	2	0

Keall *et al.* (2015) analizavo saugumo didinimo variantus, susijusius su pokyčiais namuose, įskaitant lauko ir vidaus laiptų turėklus, sieninius laikiklius vonioje, kiemo apšvietimo, lauko laiptų briaunas, atsparias slidimui dangas lauke (terasose ar prieangiuose). Šie pokyčiai turi stiprų teigiamą poveikį traumų skaičiaus mažėjimui. Tačiau buvo nustatyta šių variantų mažesnė nauda nelaimingiems atsitikimams, susijusiems su kritimo pavojumi. Analizuojant traumų, kylančių namuose, riziką pasaulio mastu, šie rezultatai yra labai svarbūs kuriant efektyvias prevencines programas, orientuotas į namų aplinkos saugumo didinimą (Keall *et al.* 2015).

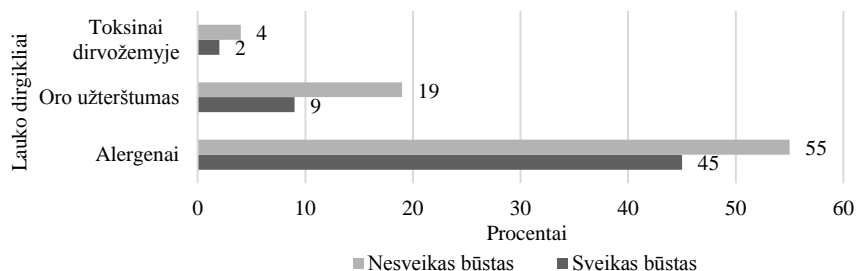
2014 m. JAV buvo atlikta „Houzz“ įmonės užsakyta apklausa apie sveiką būstą, kurioje dalyvavo 808 respondentai. Apklausos tikslas – nustatyti kaip gy-

ventojai supranta ir vertina sveiką būstą bei kokius pagrindinius rizikos faktorius sveikatai išskiria (Houzz 2014). 1.9 paveiksle pateikti pagrindiniai vidaus ir lauko dirgikliai sveikame ir nesveikame būste. Galim daryti išvadą, jog vidaus patalpose pagrindiniai dirgikliai yra per didelis dulkių kiekis, dulkių erkutės ir pelėsiai, miltligė, puvinys. Lauke pagrindinis dirgiklis yra alergenai. Beveik trečdalis respondentų, manančių, jog gyvena sveikame būste, susiduria su per dideliu dulkių kiekiu ar alergijos gyvūnų kailiui problemomis. 20–60 % respondentų, vertinančių savo būstą kaip sveiką, nesusiduria su išoriniais rizikos veiksniais, tokiais kaip alergenai, oro užterštumas, toksinis dirvožemis (1.9 pav.).

a)



b)



**1.9 pav.** Vidaus patalpų (a) ir lauko (b) dirgikliai sveikame būste ir nesveikame būste, % (Houzz 2014)

**Fig. 1.9.** Indoor (a) and outdoor (b) irritants in healthy and unhealthy house, % (Houzz 2014)

Atsižvelgiant į atliktus tyrimus, tiek vidinė, tiek išorinė būsto aplinka turi poveikį žmogaus sveikatai ir saugumui. Makro, mezo ir mikro analizė turi būti atliekama kompleksiskai, išanalizuojant kylančių pavojų riziką ir galimas mažinimo priemones.

### 1.3. Sveiko ir saugaus būsto samprata Lietuvoje ir užsienyje

Pastatas lemia žmogaus gyvenimo, darbo, poilsio kokybę ir sveikatą. Netinkamos gyvenimo sąlygos kelia grėsmę tiek fizinei, tiek psichinei žmonių sveikatai. O sąveika tarp būsto ir gyvenamosios aplinkos veiksnių bei sveikatos yra sudėtinga ir kompleksinė. Kartais poveikis nesukelia pastebimų ligos simptomų, tačiau mažina darbingumą, blogina savijautą. Daugelis sveikatai įtaką darančių veiksnių yra tiesiogiai susiję su pastatų kokybe ir konstrukcijomis. Neigiamą įtaką sveikatai gali daryti bloga pastatų kokybė, netinkama įranga, patalpų dydis ir pan. (Nesveikas būstas 2014).

Praėjusio amžiaus 9-ojo dešimtmečio pradžioje atsirado sąvoka nesveiko pastato sindromas. Ši sąvoka apibrėžia medicininę ir ekologinę problemą, siejamą su neigiamu įvairios paskirties patalpų poveikiu žmogaus sveikatai, protiniam ir fiziniam aktyvumui (Kaklauskas *et al.* 2013). Neseniai pradėta naudoti priešinga sąvoka – sveikas ir saugus būstas, įvertinant pastatuose panaudotas kenksmingas statybines medžiagas ir gaminius, per didelę arba per mažą patalpos temperatūrą, drėgnumą ir apšvietimą, oro kokybę (anglies dioksidas, tabako dūmai, pavojingos smulkios ir stambios kietosios dalelės, pavojinga spinduliuotė, mikroorganizmai ir kt.), triukšmą, alergenų, kenksmingąsias dujas, pavojų nukristi nuo laiptų, parkristi vonioje ir pan. (Nacionalinė visuomenės sveikatos plėtros laboratorija 2014). Tai gali sukelti įvairių sveikatos problemų bei mažinti fizinį ir protinį aktyvumą.

Europos Komisijos duomenimis, maždaug trečdalis atsitiktinių susižalojimų, dėl kurių prireikia medikų pagalbos, nutinka būtent namuose. Nelaimės namuose atsitinka dėl įvairiausių priežasčių: slidžių grindų, blogo apšvietimo, neveikiančios įrangos ir t. t. Sveikatai kenkia ir triukšmas, oro tarša patalpose, pelėsiai, toksiškos cheminės medžiagos bei kiti veiksniai. Nuo nelaimingų atsitikimų namuose dažniausiai nukenčia pažeidžiamiausios visuomenės grupės – vaikai, vyresnio amžiaus žmonės ir neįgalieji (Jaroslavcevienė 2012).

Analizuojant drėgmę ir pelėsį, apskaičiuota, kad 15–30 % būstų Europoje patiria problemų dėl šių priežasčių. Tik pastaraisiais metais tapo plačiai žinoma apie patalpų grybelio poveikį alerginėms reakcijoms ir kvėpavimo sistemos infekcijoms. Apie 20 % Europos gyventojų alergiški erkėms ir grybeliui, o astmos ir alergijos dominavimas gyvenamuosiuose pastatuose vis didėja. Europoje ast-

ma susergeria vienas iš septynių vaikų, o Vakarų Europoje tokių vaikų yra 10 kartų daugiau nei Rytų Europoje. Taigi, sveikas ir saugus būstas – viena aktualiausių temų tiek gyventojams, tiek investuotojams, tiek statybos sektoriaus dalyviams (Vilniaus Gedimino... 2013).

Sveika, patogi, prieinama, tinkama naudoti ir saugi vidaus aplinka bei mikroklimatas didina darbo našumą, mažina sveikatai skiriamas išlaidas, užtikrina gyvenimo kokybę. Tai galima pasiekti tik kompleksiskai nagrinėjant socialinius, aplinkosaugos ir ekonominius klausimus.

Būstas gali būti suvokiamas kaip fizinis ir psichologinis objektas. Fizinio požiūriu – tai pastatas, skirtas žmogui gyventi. Sąvoka apibrėžia konstrukciją, turinius planinius sprendinius, panaudotas medžiagas ir integruotą įrangą. Psichologiniu požiūriu būstas suvokiamas kaip erdvė, kurioje patenkinami gyventojų poreikiai. Sveikas ir saugus būstas apima privatumo apsaugą, fizinę ir psichologinę gerovę, padeda būsto gyventojų socialinės integracijos vystymuisi (Vilniaus Gedimino... 2013).

Atsižvelgiant į šiuos fizinius ir psichologinius aspektus, galima teigti, kad būstas yra kompleksinis statinys, kuris negali būti apribojamas tik fizine konstrukcija. Todėl Pasaulio sveikatos organizacija (angl. *World Health Organization*) būsto sąvoką pateikia kaip modelį, sudarytą iš keturių dalių: fizinės pastato struktūros, būsto gyventojų (šeimos ir pavienių asmenų), pastatą supančios aplinkos ir kaimynų bendruomenės. Taip pat svarbu, kad kiekviena iš modelio dalių turi įtaką individo sveikatai per fizinius, psichologinius ar socialinius veiksnius (Office of the Deputy Prime... 2006). Visos šios dalys yra susijusios tarpusavyje, todėl būsto poveikis žmogaus sveikatai ir saugumui priklauso nuo tinkamos visų elementų priežiūros ir būklės. Jei šis reikalavimas tenkinamas, psichologiniai ir fiziniai būsto gyventojų poreikiai yra patenkinti. Taigi, būsto kokybė tiesiogiai susijusi tiek su gyventojų, tiek su visos visuomenės sveikata (Vilniaus Gedimino... 2013).

Bet koks būstas turi sudaryti saugią ir sveiką aplinką bet kuriam potencialiam gyventojui arba lankytojui (Office of the Deputy Prime... 2006). Ši būsto standarto nuostata skiriasi priklausomai nuo Europos šalies, bet būsto standartuose vis daugiau dėmesio skiriama sveiko ir saugaus būsto propagavimui ir užtikrinimui (Vilniaus Gedimino... 2013).

2006 m. Pasaulio sveikatos organizacija parengė ataskaitą, kurioje nagrinėjamas būsto ir sveikatos apsaugos reglamentavimas skirtingose Europos valstybėse: Italijoje, Anglijoje, Portugalijoje, Vokietijoje, Lietuvoje, Vengrijoje ir Olandijoje. Pateikiamos išvados atsižvelgiant į reguliavimo lygį, standartus, pastatų tipus, poveikio būdą ir pan. (Vilniaus Gedimino... 2013).

Norint sudaryti sveiko būsto sąlygas, reglamentuojantys dokumentai skiriami į tris grupes, kurios neprieštarauja viena kitai: gali būti nustatoma būsto statyboje ir aplinkoje naudojamų medžiagų kokybė (pavyzdžiui, medžiagos be

asbesto), paties pastato kokybė (pagrindiniai patogumai, pvz., kambarių dydis ir išdėstymas ir pan.), taip pat būsto ir jo priklausinių naudojimas ir priežiūra. Viena pagrindinių reguliavimo sričių visuose standartuose – būstui statyti naudojamos statybinės medžiagos. Reguliavimas gali būti taikomas tiek pastatams, tiek jų priklausiniams, siekiant išvengti nuodingųjų medžiagų naudojimo (Vilniaus Gedimino... 2013). Taip pat statybinių medžiagų draudimai nėra vienodi visose šalyse, išskyrus tuos atvejus, kai galioja Europos Sąjungoje taikomi apribojimai. Pavyzdžiui, nė vienas apribojimas, taikomas Olandijoje, nėra taikomas Italijoje. Tačiau bendras asbesto uždraudimas Europos Sąjungoje, buvo patvirtintas visose jos šalyse, nepaisant to, kad įgyvendinimo datos svyruoja nuo 1992 metų Anglijoje iki 2005 metų Olandijoje (Vilniaus Gedimino... 2013). Draudimas naudoti tam tikrus produktus ar sudedamąsias dalis gali būti dalinis arba tam tikroms sritims. Vengrijoje šviną draudžiama dėti į dažus, bet jis nedraudžiamas vamzdynuose, įvertinant pagrindinį pavojaus šaltinį arba pagrindinę naudojimo sritį. Tačiau asbestas yra visiškai draudžiamas. Šis draudimas įsigaliojo nuo 2005 m. ir galioja visoje Europos Sąjungoje. Taigi apribojimai gali būti taikomi tam tikram naudojimui pobūdžiui (Vilniaus Gedimino... 2013).

Pasaulio sveikatos organizacijos ataskaitoje (World Health Organisation 1989) pažymima, kad skirtingi būsto standartų tipai ir formuluotės siejami su skirtingomis problemomis arba aplinkybėmis ir gali būti skiriami į dvi grupes: kiekybinius ir kokybinius. Kiekybiniais standartams priskiriami tie, kurie apibrėžia tam tikras savybes, kuriomis turi arba neturi pasižymėti būstas (pavyzdžiui, kriauklė, virtuvės reikmenys ir pan.). Kokybiniai standartai apibrėžia tai, kas turi būti įvertinta projektuojant arba vertinant būsto savybes, norint sumažinti su būstu siejamą pavojų sveikatai arba saugumui. Kiekybiniai standartai turi ir tam tikrų trūkumų – jie yra sunkiai atnaujinami ir papildomi, orientuoti į pastatus ir sunkiai pritaikomi esamam būsto fondui. Kita vertus, kokybinių standartų privalumas tas, kad jie gali būti orientuoti į žmones, lengvai atnaujinami. Jie yra idealūs esamam būstui. Minimalūs kiekybiniai standartai (kambarių dydis, langų dydis ir pan.) yra nustatyti praktiškai visose Europos šalyse nepaisant to, kad standartai skirtingose šalyse skiriasi. Pavyzdžiui, reglamentavimas, siejamas su apsauga nuo iškritimo pro langą, visose šalyse turi vienodą paskirtį, bet siejamas su visiškai skirtingais standartais (Vilniaus Gedimino... 2013).

Reguliavimas gali skirtis priklausomai nuo pastato tipo (pavyzdžiui, vienbučiai ir daugiabučiai pastatai), nuo nuosavybės (nuomininkas ar savininkas), nuo to, privatus ar socialinis būstas. Pagrindinis vienbučio ir daugiabučio pastato skirtumas – bendra įranga, kambariai ir erdvės. Todėl reikalinga speciali tvarka, reglamentuojanti tokių bendrų erdvių naudojimą ir priežiūrą. Tačiau tokia tvarka nėra sisteminga. Pavyzdžiui, Olandijoje arba Vokietijoje nėra specialiai reglamentuojama bendrų patalpų priežiūra. Tarp nuomininko ir savininko turi būti



sudaryta civilinė sutartis, kurioje numatoma, kaip priežiūra bus atliekama (Vilniaus Gedimino... 2013).

Analizuojant tik Lietuvos situaciją pagal sveiko ir saugaus būsto sampratą, galima pastebėti, kad šios sąvokos išskiriamos dviem kryptimis: analizuojamas atskirai sveikas būstas arba saugus būstas. Sveikas būstas apima kenksmingų medžiagų reglamentavimą, konstrukcinius sprendimus, patalpų dydį ir pan. (Statybos įstatymas, statybos techniniai reglamentai ir kt. teisiniai aktai) (Roto 2013). Analizuojant saugų būstą, dažniausiai orientuojamasi į būsto apsaugą nuo įsibrovėlių (Žiliukas 2005). Tačiau saugumo aspektas turi apimti ir susižalojimų riziką dėl neteisingai įrengtų laiptų, slidžios dangos, aukščių skirtumų, kylant grėsmei susižeisti, blogo apšvietimo ir pan. Taigi šios dvi sąvokos turi būti nagrinėjamos kompleksiškai, nes pastatas turi būti suprantamas kaip kompleksinis statinys, apimantis tiek atitinkamą konstrukcijų aukščių/dydžių reglamentavimą, tiek atitinkamas gyvenimo kokybės sąlygas. Pavyzdžiui, įrengiant laiptus, turi būti vadovaujamasi STR 2.02.01:2004 „Gyvenamieji pastatai“/STR 2.02.09:2005 „Vienbučiai ir dvibučiai gyvenamieji pastatai“/STR 2.02.02:2004 „Visuomeninės paskirties statiniai“ (priklausomai nuo pastato tipo), siekiant kad laiptatakliai, laiptų aikštelės, pakopos, turėklai tenkintų keliamus reikalavimus ir mažintų susižalojimų riziką. Taip pat turi būti atitinkamas laiptų apšvietimas, siekiant užtikrinti saugų jų naudojimą. Laiptams turi būti panaudotos tinkamos, sveikatai nekenkiančios medžiagos.

Atsižvelgiant į atliktą analizę, šiame darbe kuriama sveiko ir saugaus būsto daugiakriterė vertinimo sprendimų paramos ir rekomendacijų sistema, kompleksiškai analizuojanti būsto konstrukcinius elementus ir gyvenimo kokybės sąlygas.

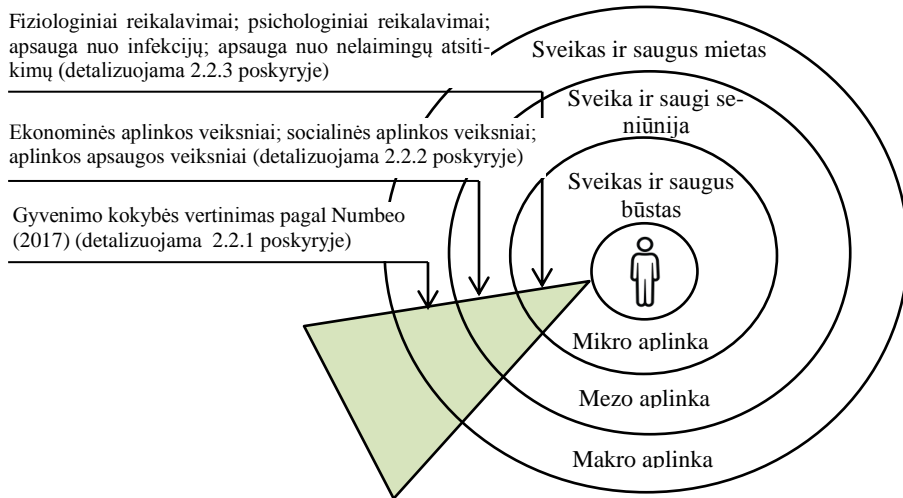
## **1.4. Sveiko ir saugaus būsto vertinimas makro, mezo ir mikro lygmenyse**

Siekiant plačiau išanalizuoti tyrimo objektą ir jo vertinamus aspektus, toliau trumpai bus nagrinėjama sveiko ir saugaus būsto užstatytoje aplinkoje makro, mezo ir mikro lygmenys (1.10 pav.).

Kadangi sveiko ir saugaus būsto skirtingų sudėtinių dalių racionalumas dažnai priklauso nuo skirtingų suinteresuotų grupių (užsakovai, pastatų savininkai, finansų institucijos, projektuotojai, statybinių medžiagų gamintojai, tiekėjai, rangovai, valstybė ir jos įgaliotos institucijos, savivaldybės, pastatų priežiūros organizacijos ir t. t.), todėl tik atliekant sveiko ir saugaus būsto kompleksinį projektavimą, kurio metu artimai sąveikauja pagrindinės suinteresuotos grupės, galima pasiekti gerų rezultatų. Tikslų nustatymo, projektavimo, statybos, naudoji-

mo ir utilizavimo procesuose dalyvauja įvairios suinteresuotos grupės, sąveikaujančios tarpusavyje gana ilgą laiko tarpą.

Vienas iš svarbiausių uždavinių siekiant padidinti sveiko ir saugaus būsto efektyvumą yra jame dalyvaujančių suinteresuotų grupių kuo didesnis tikslų įgyvendinimas. Vadinasi, tokiu būdu siekiama sukurti efektyvesnę suinteresuotų grupių organizavimo sistemą. Sveiko ir saugaus būsto efektyvumo lygis taip pat priklauso nuo įvairių makro, mezo ir mikro lygmens kintamųjų. Pavyzdžiui, būsto poveikis žmogaus sveikatai priklauso nuo įvairių mikro lygmens veiksnių, tokių kaip pastato statybos metai, drėgmė, pelėsis, apšvietimas ir pan. Šiame darbe mikro aplinkos veiksniai sudaryti remiantis Anglijos sveiko ir saugaus būsto vertinimo standartu (Office of the Deputy Prime... 2006; HHSRS worked examples 2007), kuris nagrinėja 29 būsto ir jo aplinkos rodiklių grupes, suskirstytas į 4 kategorijas: fiziologinius reikalavimus, psichologinius reikalavimus, apsaugos nuo infekcijų rodiklius ir apsaugos nuo nelaimingų atsitikimų rodiklius.



**1.10 pav.** Sveikas ir saugus būstas užstatytoje aplinkoje makro, mezo ir mikro lygmenyse (sudaryta autorės)

**Fig. 1.10.** Healthy and safe home in built environment at macro, meso and micro levels (developed by author)

Taip pat svarbu atkreipti dėmesį, jog mikro lygmens veiksniai priklauso nuo mezo lygmens veiksnių. Pavyzdžiui, sveiką ir saugų būstą reglamentuoja visuomenės sveikatos saugos ir statybos techniniais reglamentai bei kiti susiję dokumentai. Analizuojant sveiką ir saugią aplinką (mezo lygmenyje), turi būti atsi-

žvelgiama į pagrindinius darnios plėtros principus: ekonominius, socialinius ir aplinkos apsaugos veiksmus. Dažnai darni plėtra yra klasifikuojama taikant Pasaulio aplinkos plėtros komisijos (angl. *World Commission in Environment and Development* (WCED)) apibrėžimą, kuomet plėtra atitinka „dabarties poreikius nepakenkiant ateinančių kartų poreikiams“ (Walsh 2010). WCED apibūdina darnios plėtros koncepciją kaip strategiją pasiekti darnumą optimizuojant ryšį tarp globalios visuomenės ir jos natūralios aplinkos atsižvelgiant į visuomenės socialinius, ekonominius ir aplinkosauginius tikslus. Socialinius, ekonominius ir aplinkosauginius aspektus darnios plėtros kontekste taip pat akcentavo ir Elkington (1994). Elkington (1994) šią koncepciją pavadino „trigubo dugno linijos“ darnios plėtros koncepcija. O’Riordan *et al.* (2001) bei Lutzkendorf ir Lorenz (2005) sukūrė alternatyvų „Trijų ramsčių“ modelį, kuris yra pagrįstas „Trigubo dugno linijos“ principu. Šiame modelyje darnumas yra vertinamas kaip ekonominės veiklos asimiliacija, socialinė gerovė ir vientisumas aplinkos atžvilgiu. Visuotinai šis modelis vadinamas „Rusų lėlės“ modeliu. Pagal O’Riordan *et al.* (2001), ekonominis kapitalas yra svarbiausias pagrindas, kuriant gerovę, kuris skatina plėtrą, tačiau jis slopina aplinkos ir socialinius veiksmus. Be to, šie trys aspektai reikalauja institucinio pobūdžio reglamentavimo bei priežiūros.

Nors makro lygmens veiksniai lemia visos šalies ar pramonės lygį, šiame darbe yra analizuojamas tik jų poveikis sveiko ir saugaus būsto efektyvumui. Sveiko ir saugaus būsto efektyvumas visų pirma priklauso nuo jų kompleksiskai veikiančių makro lygmens kintamųjų veiksnių, tokių kaip šalies ekonominis, politinis ir kultūrinis išsivystymo lygis, vyriausybės vykdoma politika (lengvatiniai kreditai, mokesčių lengvatos, vyriausybinių užsakymai), teisiniai ir norminiai dokumentai, reglamentuojantys statybos šakos veiklą, mokesčių sistema, kreditų gavimo tvarka, palūkanų normos, socialinė politika, rinka, nedarbo lygis, darbo jėgos kvalifikacija, darbo užmokesčio lygis, aplinkosauga, papročiai ir tradicijos, vietinių išteklių buvimas ir t. t. Šiame darbe makro aplinkai analizuoti buvo pasirinktas gyvenimo kokybės indeksas (angl. *Quality of Life Index* (QOL)) (Numbeo 2017), kuris vertina šalies perkamąją galią, užterštumą, būsto kainos ir pajamų santykį, pragyvenimo lygį, saugumą, sveikatos priežiūrą, reguliaraus eismo laiko indeksą ir klimato kaitą.

Taigi galima teigti, kad sveiko ir saugaus būsto efektyvumas priklauso nuo jo atskirų procesų ir sprendimų bei nuo išorinės makro, mezo ir mikro lygmens aplinkos ir visų suinteresuotų grupių tikslų pasiekimo lygio. Šiame darbe sveikas ir saugus būstas vertinamas atsižvelgiant į makro, mezo ir mikro aplinkos poveikį. Užstatyta aplinka, kuri lemia gyvenimo sąlygas, nagrinėjama darnios plėtros kontekste. 2 skyriuje aprašomos sudarytos kriterijų sistemos sveiko ir saugaus būsto užstatytoje aplinkoje analizei atlikti, 3 skyriuje pateikiami praktiniai uždaviniai vertinant Vilniaus miestą Europos miestų kontekste (makro aplinka) ir Vilniaus miesto seniūnijas (mezo aplinka). Mikro aplinkoje analizuojamas svei-

kas ir saugus būstas, sudaryta daugiakriterė vertinimo sprendimų paramos ir rekomendacijų sistema.

## 1.5. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas

1. Atlikus straipsnių analizę nustatyta, jog darnios užstatytos aplinkos tema nuo 2005 m. straipsnių skaičius kasmet auga, o 2015 m. buvo parengta 60,87 % daugiau straipsnių nei 2014 m. Galima teigti, jog didėja mokslininkų susidomėjimas šia tema, sprendžiant kylančias darnios užstatytos aplinkos problemas. Pagrindinės trys *Clarivate Analytics* kategorijos darnios užstatytos aplinkos srityje yra aplinkos mokslai, aplinkos tyrimai, statybos ir pastatų technologijos.
2. Sveiko ir saugaus būsto sąvoka turi būti analizuojamos kompleksiškai, nes pastatas yra kompleksinis statinys, apimantis tiek konstrukcijų aukščių/dydyžių, kenksmingų medžiagų, patalpų reglamentavimą, tiek atitinkamas gyvenimo kokybės sąlygas.
3. Sveiko ir saugaus būsto efektyvumas priklauso ne tik nuo jo atskirų procesų ir sprendimų, bet ir nuo išorinės makro, mezo ir mikro lygmens aplinkos bei visų suinteresuotų grupių tikslų pasiekimo lygio.
4. Apžvelgus mokslinę literatūrą, galima daryti išvadą, jog norint pasiūlyti ir praktiškai pritaikyti sveiko ir saugaus būsto vertinimo metodologiją ir sukurti sprendimų paramos ir rekomendacijų sistemą, reikia:
  - a) sudaryti sveiko ir saugaus būsto koncepcinį vertinimo modelį remiantis darnia užstatytos aplinkos plėtra, kompleksiškai analizuojant makro, mezo ir mikro aplinkos veiksnius darnios plėtos kontekste;
  - b) pasiūlyti ir praktiškai pritaikyti daugiakriterio vertinimo metodiką sveiko ir saugaus būsto vertinimui makro, mezo ir mikro lygmenyse;
  - c) sukurti sveiko ir saugaus būsto daugiakriterio vertinimo sprendimų paramos ir rekomendacijų sistemą būste kylančių pavojų rizikos mažinimui.

---

## Sveiko ir saugaus būsto užstatytoje aplinkoje vertinimo metodologija

Antrajame disertacijos skyriuje pateikamos sveiko ir saugaus būsto makro (miesto), mezo (seniūnijos) ir mikro (būsto) lygmens rodiklių sistemos. Nagrinėjami daugiakriteriai metodai: kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas (*Complex proportional assessment method*) (COPRAS), projekto naudingumo laipsnio ir investicinės vertės nustatymo metodas, teikiant rekomendacijas (*Degree of Project Utility and Investment Value Assessments along with Recommendation Provisions*) (INVAR), paprastasis sudedamasis reikšmingumų (*Simple Additive Weighting*) metodas (SAW), variantų racionalumo nustatymo artumo idealiajam taškui (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) metodas (TOPSIS), vertinimo remiantis atstumu nuo vidutinio sprendimo (*Evaluation Based on Distance from Average Solution*) metodas (EDAS). Analizuojami reikšmingumų nustatymo būdai: ekspertinis vertinimas, entropijos metodas (*Entropy meyhod*), kriterijų įtakos praradimo (*Method of indicators impact loss*) metodas (CILOS), integruotų kriterijų objektyvių reikšmingumų nustatymo (*Integrated Determination of Objective CRIteria Weights*) metodas (IDOCRIW). Pateikiami metodų sprendimo algoritmai ir jų matematiniai aprašai.

Skyriaus tematika paskelbti trys straipsniai (Kaklauskas *et al.* 2013b; Zavadskas *et al.* 2017 a,b) ir skaitytas pranešimas tarptautinėje konferencijoje „4th international conference on building resilience, incorporating the 3rd annual conference of the ANDROID disaster resilience network“.

## 2.1. Sveiko ir saugaus būsto užstatytoje aplinkoje rodiklių sistemų sudarymas

### 2.1.1. Makro lygmuo

Pasaulyje yra sukurta daugybė metodologijų ir sistemų, vertinančių miestų darnumą. Europos komisijos ataskaitoje (Science for Environment Policy 2015) pateikiamos darnių miestų vertinimo sistemos, orientuotos į aplinkosaugos dimensiją. Pavyzdžiui, tarptautinis BREEAM tvarių pastatų vertinimo standartas ir sertifikavimo sistema (BREEAM 2017; Zavadskas *et al.* 2017), ARCADIS darnaus miesto indeksas, Kinijos miestų darnumo indeksas, EEA miesto metabolizmo struktūra, Europos žaliojo miesto indeksas. Randama ir daugiau metodologijų bei sistemų darnumui vertinti: *Monocle's* gyvenimo kokybės tyrimas (Tan, bin Abdul Hamid 2014; Wien.at 2016; Neuvonen, Ache 2017; Ahvenniemi *et al.* 2017), *Mercer* gyvenimo kokybės vertinimas (Gyvenimo kokybės indeksas) (Khalil 2012; Larsen 2015; Mercer 2016), EIU pasaulinis pragyvenimo vertinimas (Khalil 2012; Conger 2015), miesto strateginis priemonių planas (EIP Waters 2016; Marques *et al.* 2015; Schmidt *et al.* 2016), Europos žaliosios sistinės apdovanojimai (Meijering *et al.* 2014; European Commission 2016; Gulsrud *et al.* 2013), Pasaulinė miesto indikatorių programa (Bhada, Hoornweg 2009; Shen, Zhou 2014), gyvenimo kokybės indeksas (Numbeo 2017; Eusuf *et al.* 2014; Nuuter *et al.* 2015) ir t. t.

Pasaulyje plačiai žinomas BREEAM vertinimas skirtas naujos statybos arba jau eksploatuojamiems pastatams vertinti aplinkosauginiu aspektu. Pastatas vertinamas pagal valdymo, sveikatos ir gerovės, energijos, transporto, medžiagų vandens naudojimo, atliekų, žemės naudojimo ir ekologijos, užterštumo ir inovacijų aspektus (BREEAM 2017; Zavadskas *et al.* 2017). Zavadskas *et al.* (2017) BREEAM vertinimo pagrindu atliko rinkos vertės skaičiavimus MAMVA metodu. ARCADIS sukurtas darnaus miesto indeksas (ARCADIS 2015) vertina miestus pagal tris rodiklius (žmogus, planeta, pelnas). Tyrime analizuojama 50 miestų iš 31 šalies, ranguojant juos pagal kiekvieną indikatorių grupę, siekiant įvertinti kiekvieno miesto darnumą. Į tyrimą buvo įtraukti ne tik miestai, užimantys plačią geografinę aprėptį, bet ir skirtingo ekonominio išsivystymo lygio, lūkesčių, planuojamo augimo miestai (ARCADIS 2015). Žaliojo miesto indeksas (Siemens 2009) analizuoja CO<sub>2</sub> išmetimą, energiją, pastatus,

žemės naudojimą, transportą, vandens ir sanitarines sąlygas, atliekų valdymą, oro kokybę ir aplinkos apsaugos valdymą. Tarptautinių darnių miesto indikatorių sistema orientuota kiek kitokiu požiūriu (Science for Environment Policy 2015). Vertinimo rodikliai suskirstyti pagal darnios plėtros principus į ekonominę, socialinę bei aplinkosauginę sritis. Sistema pateikia išvadas, kaip lanksčiai ir lengvai galima pagerinti sąlygas atsižvelgiant į vietą ir miesto dydį (Science for Environment Policy 2015). *Monocle's* gyvenimo kokybės tyrimas analizuoja darnią plėtrą per gyvenimo kokybės prizmę remiantis 11 rodiklių (Wien.at 2016): saugumas/nusikalstamumas, medicininė priežiūra, klimatas, tarptautiniai ryšiai, viešasis transportas, architektūros kokybė, aplinkosaugos problemos ir prieinamumas prie gamtos, urbanistika, verslo sąlygos, aktyvi reguliavimų plėtra ir tolerancija. Gyvenimo kokybei tirti taip pat skirtas ir *Mercer's* gyvenimo kokybės vertinimas (gyvenimo kokybės indeksas), kurio vertinimą sudaro 39 rodikliai, sugrupuoti į 10 kategorijų (Mercer 2016): politinė ir socialinė aplinka, ekonominė aplinka, socialinė–kultūrinė aplinka, sveikata ir sanitarinės sąlygos, švietimas, viešosios paslaugos ir transportavimas, poilsis, vartojimo prekės, apgyvendinimas ir natūrali aplinka. EIU pasaulinis pragyvenimo vertinimas sudarytas iš 30 rodiklių, suskirstytų į 5 grupes (Conger 20015): stabilumas (25 %), sveikatos priežiūra (20 %), kultūra ir aplinka (20 %), švietimas (10 %) ir infrastruktūra (20 %). Numbeo (2017) sukūrė gyvenimo kokybės indeksą. Pagal mokslininko sudarytą empirinę formulę, gyvenimo kokybę įvertinama remiantis šalies perkamąja galia, užterštumu, būsto kainos ir pajamų santykiu, pragyvenimo lygiu, saugumu, sveikatos priežiūra, reguliaraus eismo laiko indeksu ir klimato kaita (Numbeo 2017). Ši vertinimo sistema apjungia prieš tai minėtų sistemų bruožus ir vertina darnią užstatytą aplinką per gyvenimo kokybės prizmę.

Pagal darnios plėtros principus sveikas ir saugus būstas makro aplinkoje vertinamas miesto lygiu. Makro aplinkos analizei atlikti buvo pasirinktas Numbeo (2017) sukurtas gyvenimo kokybės vertinimo indeksas. 3 skyriuje išspręstas praktinis uždavinys vertinant Vilniaus miestą Europos miestų kontekste.

### 2.1.2. Mezo lygmuo

Užstatyta aplinka yra sukurta siekiant patenkinti gyventojų poreikius, kurie gali būti tiek psichologiniai, tiek socialiniai, ir susiję su saugumu, pagarba ir saviiraiška. Gyventojai nori, jog juos supanti užstatyta aplinka būtų estetiškai patraukli, prieinama, su gerai išvystyta infrastruktūra, patogiomis susisiekimo priemonėmis bei gerais keliais. Pastatas taip pat turi būti palyginti pigus (įperkamas), patogus, su mažomis priežiūros išlaidomis. Gyventojams taip pat aktualu ekologiškai švari ir tyli aplinka, kurioje yra pakankamai daug poilsio veiklų, apsipirkimo taškų, galimybė greitai pasiekti darbą ar kitą reikalingą tikslą ir geri santykiai su kaimynais (Kaklauskas *et al.* 2013; Lazauskaitė 2016).

Tiek vidinė, tiek išorinė pastato aplinka turi poveikį žmogaus sveikatai. Pastatas lemia žmogaus gyvenimo, darbo, poilsio kokybę ir sveikatą. Pavyzdžiui, Keall *et al.* (2013) teigia, kad traumos namuose yra esminė problema analizuojant žmonių sveikatos situaciją pasaulio lygiu. Mokslininkai išanalizavo susižeidimų pavojų 961 Naujosios Zelandijos namuose ir nustatė, jog apie 38 % visų susižalojimų yra susiję su konstrukciniais namų aplinkos aspektais. Pastatai taip pat yra vienas iš pagrindinių taršos šaltinių. Dėl jų į aplinką išskiriama beveik pusė sieros dioksido, 25 % azoto oksido, 10 % kietųjų dalelių ir apie 35 % anglies dvideginio emisijų, kurios yra glaudžiai susijusios su klimato kaita (Kaklauskas *et al.* 2013).

Pagal klasikinę koncepciją, darni plėtra susideda iš socialinės, ekonominės ir aplinkos apsaugos dedamųjų (Viteikiene, Zavadskas 2007; Venckauskaitė 2011). Dėl urbanizacijos, augančių statybos apimčių, didėja gyvenviečių užstatymas ir gyventojų tankumas. Anderson *et al.* (2015) atliko analizę, pagal kurią nustatė, jog tankumo įtaka anglies dioksidui yra ribota ir gali ženkliai skirtis tarp namų ūkių panašioje vietovėje pagal tankumą dėl socialinių–ekonominių faktorių. Didelis apgyvendinimo tankumas yra svarbus kompaktiško miesto koncepcijos elementas kartu su mišrios paskirties žemės naudojimu, efektyviai sujungtais miesto sluoksniais ir lengvai pasiekiamais viešojo transporto tinklais (Dempsey *et al.* 2012). Dempsey *et al.* (2012) nustatė ryšį tarp tankumo ir socialinių darnumo aspektų, ypač tarp socialinės nelygybės (t. y. paslaugų ir infrastruktūros pasiekiamumas/prieinamumas), aplinkos apsaugos nelygybės (t. y. žaliųjų/atvirųjų erdvių pasiekiamumas ir galimybė jomis naudotis) ir bendruomenės darnumo (įtraukiant saugumo, socialinės infrastruktūros ir bendruomenės stabilumo suvokimą).

Taigi darni užstatyta aplinka yra neatsiejama nuo darnios bendruomenės kūrimo (Maliene, Malys 2009; Lee *et al.* 2010; Ceccato, Lukyte 2011; Dempsey *et al.* 2012; IPH Corporate Plan 2013; Mulliner *et al.* 2013, 2016; Lotteau *et al.* 2015; Sohn 2016). Maliene, Malys (2009) sukūrė darnios gyvenamųjų namų kvartalo plėtros modelį, orientuotą į darnios bendruomenės kūrimą. Darnus apgyvendinimas apibrėžiamas kaip prieinamumas (pakankamas būstų pasiūlymų skaičius ir pakankamai informacijos apie tokius pasiūlymus), kokybė (iš techninės ir infrastruktūros pusės), ekonomiškumas (didesnė dalis namų ūkių turi galimybę įsigyti būstą ir padengti išlaikymo išlaidas), ekologiškumas (energijos saugojimas ir pan.), patogumas ir jaukumas (socialinės ir psichologinis požiūris). Darnios bendruomenės būtina turėti ligonines, mokyklas, parduotuves, gerą viešąjį transportą, švarią ir saugią aplinką. Žmonėms taip pat reikia atvirųjų viešųjų erdvių poilsiui ir bendravimui. Tačiau svarbiausia, jog tokioje bendruomenėje būstas būtų įperkamas (Maliene, Malys 2009). Dėl šios priežasties Maliene, Malys (2009) sukūrė darnios gyvenamųjų namų kvartalo plėtros modelį, kuris gali būti adaptuotas kiekviename mieste ir padeda sukurti sveiką ir patrauklią



bendruomenę. Pasak Ceccato, Lukyte (2011) darni bendruomenė apibrėžiama kaip vieta, kurioje žmogus nejaučia baimės dėl vykdomų nusikaltimų, vyrauja saugumo jausmas. Mokslininkai mano, jog saugumas yra pagrindinė šiuolaikinio miesto darnios plėtros dimensija. Saugumo rodiklį taip pat analizavo Viteikiene, Zavadskas (2007), Cozens (2008), Lee *et al.* (2010), Dempsey *et al.* (2012), Conejos *et al.* (2013, 2014), Charoenkit, Kumar (2014) ir kiti. Cozens (2008) teigia, jog tokios problemos kaip nusikalstamumas ir nusikaltimų baimė nėra įtraukiami į darbotvarkes, skirtas darniai plėtrai analizuoti. Mokslininkas pateikia nusikalstamumo analizės integracijos į miestų darną rekomendacijas (Cozens 2008).

Poilsis žaliosiose erdvėse yra neatsiejamas darnios užstatytos aplinkos vertinimo rodiklis, kuriant sveiką ir saugią aplinką. Poilsis lauke prisideda prie geresnės žmogaus fizinės, psichinės ir dvasinės sveikatos (Arni, Khairil 2013). Žaliosios erdvės, įskaitant ir atviros prieigos vandens telkinius bei parkus, yra svarbi sveikatos stiprinimo dalis ir turi didelę įtaką gerinant mieto ir jo gyventojų sveikatą (Huang, Yin 2015).

Ankstesnių mokslinių tyrimų santrauka pateikta 2.1 lentelėje. Bibliometrinė sveikos ir saugios užstatytos aplinkos vertinimo rodiklių sistemos analizė pateikta 2.2 lentelėje.

## 2.1 lentelė. Ankstesnių mokslinių tyrimų santrauka (sudaryta autorės)

**Table 2.1.** Summary of the previous researchers (developed by author)

Autoriai	Darnios užstatytos aplinkos vertinimo rodikliai, kuriant sveiką ir saugią aplinką
1	2
Viteikiene, Zavadskas 2007	Arti miesto centras, didelė prekybos paslaugų pasiūla, arti mokykla, arti darželis, didelė pramogų pasiūla, švarus oras, graži aplinka, sugus, geras susisiektimas su centru, geras susisiektimas su darbovieta, gerai prižiūrima aplinka, nėra triukšmo, nėra narkomanų, arti poliklinika, arti vaistinė, geros galimybės sportuoti, daug kultūros įstaigų, nesimato alkoholiškų, nesimato benamių, arti darbovietė, graži pastatų architektūra, gerai prižiūrimi parkai.
Cozens 2008	Nusikalstamumo lygis
Chan, Lee 2008	Viešasis transportas, namai, mokyklos, darželiai, ligoninės, poilsio veiklos, darbo galimybės, saugumas, tankumas, atviros erdvės ir žaliosios zonos, maži atstumai (nereikia toli keliauti)
Xing <i>et al.</i> 2009	Poveikis aplinkai: energija, išteklių eikvojimas, klimato pokyčiai (CO <sub>2</sub> emisija), žemės naudojimas, atliekų, oro užterštumo, biologinė įvairovė, vandens tarša, triukšmas, žemės tarša. Poveikis socialiniam gyvenimui: sveikata, gyvenimo kokybė, nusikalstamumas, transportavimas, poilsis, socialinis kapitalas, saugumas, aukštas nedarbo lygis, socialinė nelygybė, kultūrinė diversifikacija. Poveikis ekonomikai: išlaidos pragyvenimui, darbo vietų kūrimas, ekonominis augimas, būsto neįperkumumas, socialinė – ekonominė nelygybė, ekonominė plėtra, gerovė, sukurtos paslaugos.

2.1 lentelės tęsinys

1	2
Maliene, Malys 2009	Ligoninės, mokyklos, parduotuvės, geras viešasis transportas, švari ir saugi aplinka, atviros viešosios erdvės, įperkamas, techniniai ir higieniniai reikalavimai, energijos taupymas ekologiškos statybos medžiagos
Lee <i>et al.</i> 2010	Gyvenimo sąlygos, kaimynystė, darželiai, infrastruktūra, poilsis ir atviros erdvės, sveikata, saugumas, bendruomenės saugumas, sportas, laisvalaikis.
Ceccato, Lukyte 2011	Nusikalstamumo lygis
Deng, Quigley 2012	Vidutinė sandorio kaina, būsto fondas.
Dempsey <i>et al.</i> 2012	Tankumas, viešojo transporto tinklų pasiekiamumas, paslaugų prieinamumas, saugumas, darbo galimybės, švietimas, kaimynystė, žalios/atviros erdvės, saugumas
Fitzgerald <i>et al.</i> 2012	Rodikliai sugrupuoti į aplinkos, socialinius – ekonominius, gyvenimo kokybės ir transporto indeksus. Aplinkos indeksas: perdirbimas, atliekų tūris tenkantis vienam gyventojui, kanalizacijos jungtis, miškų plotas 10 km. spinduliu, nacionalinio paveldo plotas 5 km. spinduliu, žalioji energija, CO <sub>2</sub> emisija (išmetama transporto), geriamojo vandens NO <sub>3</sub> , elektros CO <sub>2</sub> emisija, nuotekų valymo lygis. Gyvenimo kokybės indeksas: sveikatos draudimas, atstumas iki artimiausios ligoninės, bendruomenės įtraukimas, išorinės aplinkos problemos, triukšmas, sporto erdvės, BVP 1000 gyventojų, gyvenimo kokybės pasitenkinimas. Socialinis – ekonominis indeksas: paslaugų indeksas, gyventojų tankumas, metinės pajamos, bendras namų ūkio dydis, namų ūkiai, turintys centrinį šildymą, nuomos indeksas, švietimas, būsto kainos ir pajamų santykis, prieiga prie interneto. Transporto indeksas: santykinis automobilių naudojimas, darbas tame pačiame mieste, namų ūkiai su dviem ar daugiau mašinų, atstumas iki darbo mažiau nei 8 km., atstumas iki darbo daugiau nei 24 km., viešasis transportas, atstumas iki artimiausios traukinių stoties, eismo srautų indeksas, per mėnesį nuvažiuotas atstumas iki parduotuvių, atstumas iki darbo.
Oltean-Dumbrava <i>et al.</i> 2013	Triukšmo lygis, užterštumas.
Arni, Khairil 2013	Žaliosios erdvės, poilsis ir laisvalaikis
Kaklauskas <i>et al.</i> 2013	Žaliosios erdvės, infrastruktūra, transporto sistema, bedarbystė, vandalizmas, švietimas, kaimynystė, oro kokybė, socialiniai ir poilsio centrai, ekologiškai švari ir beveik be triukšmo aplinka
Conejos <i>et al.</i> 2013 Conejos <i>et al.</i> 2014	Tankumas, prieinamumas, gyventojų sveikata, saugumas, kaimynystė ir patogumai.
Charoenkit, Kumar 2014	Efektyvus žemės naudojimas, ėjimas pėsčiomis, viešojo transporto pasiekimas, saugumas, darbo vietų, mokyklų, parkų, ligoninių ir kt. įstaigų skaičius, gyvenamųjų vietų skaičius, tankumas.
El Asmar, Taki 2014	Oro užterštumas, vandens užterštumas, užstatymo tankumas, gyventojų tankumas, triukšmas.

2.1 lentelės pabaiga

1	2
Mulliner <i>et al.</i> 2013 Mulliner <i>et al.</i> 2016	Būsto kainos ir pajamų santykis, nuomos kainos ir pajamų santykis, palūkanų normos ir hipotekos likvidumas, socialinės ir privačios nuomos prieinamumas, būsto įperkamumas, saugumas (nusikaltimų skaičius), įsidarbinimo galimybės, viešasis transportas, geros mokyklos, lengvai pasiekiamos parduotuvės, lengvai pasiekiamos ligoninės, lengvai pasiekiami darželiai, lengvai pasiekiamos laisvalaikio įstaigos, lengvai pasiekiamos žaliosios erdvės, gyvenimo sąlygų kokybė, energijos efektyvumas, atliekų tvarkymo įrenginių prieinamumas, kaimynystė.
Huang, Yin 2015	Būsto kaina, žaliosios erdvės
Anderson <i>et al.</i> 2015	Tankumas (gyventojai, darbo vietų skaičius, kaimynystė), transportas, infrastruktūra, suvartojimas
Nuuter <i>et al.</i> 2015	Bendri ekonominiai indikatoriai: BVP vienam gyventojui, nedarbo lygis, infliacija. Būsto fondo indikatoriai: bendras būstų skaičius, būstų skaičius 1000 gyventojų, privačios nuosavybės skaičius, socialinės nuomos skaičius pagal bendrą būstų skaičių, socialinės nuomos skaičius 1000 gyventojų. Būsto įperkamumo indikatoriai: bendros būsto išlaidos, būsto išlaidų dalis pagal disponuojamas pajamas, paskolos gyvenamiesiems pastatams įsigyti palūkanų norma, per didelės būsto išlaidos, nominalios būsto kainos ir disponuojamų namų ūkių pajamų santykis, harmonizuotas vartotojų būsto kainų indeksas, visų neįvykdytų gyvenamųjų pastatų paskolų ir BVP santykis, bendras neapmokėtų paskolų dalies pagal namų ūkio pajamas santykis, bendros valdžios sektoriaus išlaidos apgyvendinimui ir pakeitimams, agreguotas įperkamumo indeksas, būsto kainų indeksas. Gyventojai ir socialinės sąlygos: pajamų pasiskirstymo nelygybė, gyventojų skaičius, kuriems gresia skurdas, gyventojų skaičius, iš kurių atimtas būstas, realios koreguotos namų ūkų disponuojamos pajamos. Būsto kokybės indikatoriai: perpildyto būsto norma, vidutinis namų ūkio dydis, vidutinis naudingas plotas žmogui. Aplinkos kokybės indikatoriai: sveikatos indeksas, eismo indeksas, triukšmas nuo gatvių ir kaimynystės, užterštumas, suodžiai arba kitos aplinkos apsaugos problemos, nusikalstamumas, smurtas ar vandalizmas, gyvenimo kokybės indeksas.
Sun <i>et al.</i> 2015	Ekonominės plėtros indikatoriai dažniausiai atspindi tris miestų ekonomikos aspektus: bendras ekonominis stiprumas, gyvenimo standartai ir pramonės struktūra. Socialinio progreso indikatoriai dažniausiai atspindi šiuos tris aspektus: gyventojų tankumo kokybė, viešosios paslaugos ir gyvenimo sąlygos. Ekologinės infrastruktūros indikatoriai apima ekologiškumo, žemės naudojimo ir užterštumo kontrolės aspektus.
Lamkquiz, López-Domínguez 2015	Mobilumo įpročiai, gyventojų tankumas, darbas, kaimynystė, pasiekiamumas.
Yin <i>et al.</i> 2015	Gyventojų tankumas, būsto įperkamumas, šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis, atviros erdvės, aplinkosauga, eismas.
Sohn 2016	Tankumas (nusikalstamumas gyvenamuosiuose rajonuose, gyventojų tankumas, autobusų stotelės, parkai, gatvės, sankryžos), atstumas iki artimiausios policijos nuovados, namų ūkių pajamos, vidutinis pastato aukštų skaičius.

**2.2 lentelė.** Sveikos ir saugios užstatytos aplinkos vertinimo rodiklių sistemos sudarymas remiantis darnios plėtros principais (sudaryta autorės)

**Table 2.2.** Drawing up the system of the assessment indicators for healthy and safe built environment based on the principles of sustainability (developed by author)

Autoriai	Ekonominė aplinka					Socialinė aplinka					Aplinkos apsauga			
	Kaina	Gyventojų tankumas	Gyvenamųjų vienbučių/dvibučių tankumas	Daugiabučių gyvenamųjų namų tankumas	Darbo vietų skaičius	Švietimo įstaigų skaičius, išskyrus darželius	Vietų skaičius darželiuose	Gydymo įstaigų skaičius	Laisvalaikio įstaigų skaičius	Nusikaltimų skaičius	Oro tarša NO <sub>2</sub>	Triukšmas	Atstumas iki miesto centro	Žaliosios erdvės
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Viteikiene, Zavadskas 2007		+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cozens 2008		+								+				
Chan, Lee 2008		+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+
Xing <i>et al.</i> 2009	+				+	+	+	+	+	+	+	+		
Maliene, Malys 2009	+					+	+	+	+	+	+			+
Lee <i>et al.</i> 2010		+					+	+	+	+				+
Ceccato, Lukyte 2011		+			+					+				
Deng, Quigley 2012	+		+	+										
Dempsey <i>et al.</i> 2012		+	+	+	+					+	+		+	+
Fitzgerald <i>et al.</i> 2012	+	+			+	+		+	+		+	+	+	+
Oltean-Dumbrava <i>et al.</i> 2013											+	+		
Arni, Khairil 2013									+					+
Kaklauskas <i>et al.</i> 2013					+	+		+	+	+	+	+	+	+
Conejos <i>et al.</i> 2013		+						+		+			+	
Mulliner <i>et al.</i> 2013	+				+	+	+	+	+	+			+	+

2.2 lentelės pabaiga

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Conejos <i>et al.</i> 2014		+						+		+			+	
Charoenkit, Kumar 2014			+	+	+	+	+	+	+	+			+	+
El Asmar, Taki 2014		+	+	+							+	+		
Huang, Yin 2015	+				+								+	+
Anderson <i>et al.</i> 2015		+	+	+	+								+	
Nuuter <i>et al.</i> 2015	+	+	+	+				+		+	+	+		
Sun <i>et al.</i> 2015	+	+						+			+			+
Lamķquiz, López- Domķnguez 2015		+			+								+	
Yin <i>et al.</i> 2015	+	+											+	+
Mulliner <i>et al.</i> 2016	+				+	+	+	+	+	+			+	+
Sohn 2016		+								+			+	+

Disertacijoje siekiama įvertinti sveiką ir saugų būstą mezo lygmenyje. Šiam tikslui bus vertinamos Vilniaus miesto seniūnijos remiantis darnios plėtros principais ypatingą dėmesį skiriant sveikai ir saugiai aplinkai. Pagal atliktą analizę nustatyta, jog nors mokslininkai integruoja skirtingus vertinimo rodiklius, tačiau šie rodikliai grupuojami pagal tris kertinius darnios plėtros principus (ekonominis, socialinis, aplinkosauginis). Tokią klasifikaciją pirmoji pasiūlė Pasaulio aplinkos ir plėtros komisija WCED (angl. *World Commission in Environment and Development*) 1987 m. ataskaitoje (Walsh 2010). WCED apibūdina darnios plėtros koncepciją kaip strategiją pasiekti darnumą, optimizuojant ryšį tarp globalios visuomenės ir jos natūralios aplinkos, atsižvelgiant į visuomenės socialinius, ekonominius ir aplinkosauginius tikslus (Walsh 2010). Šiame darbe darni aplinka taip pat klasifikuojama pagal tris kertinius principus.

Atlikus mokslinės literatūros analizę, pastebima, kad autoriai naudoja įvairias rodiklių sistemas sveikai ir saugiai aplinkai vertinti (2.1 lentelė). Siekiant nustatyti bendrus šių sistemų rodiklius, sudaryta 2.2 lentelė. ERABUILD projekte „Construction and Real Estate – Developing Indicators for Transparency“ analizuojami net keli šimtai darnios užstatytos aplinkos rodiklių (ERABUILD 2007). Taip pat buvo atlikta bibliometrinė sveikos ir saugios užstatytos aplinkos vertinimo rodiklių sistemos analizė (B priedas), naudojant eko-

nominės, socialinės ir aplinkos apsaugos rodiklių raktinius žodžius. Atsižvelgiant į 2.1, 2.2 lentelių rezultatus ir B priedą, sudaryta sveiko ir saugaus būsto mezo lygmenyje vertinimo rodiklių sistema remiantis darnios plėtros principais holistiniu požiūriu. Ekonominės aplinkos vertinimo rodikliai yra:

- būsto kaina;
- gyventojų tankumas;
- gyvenamųjų vienbučių/dvibučių tankumas;
- daugiabučių gyvenamųjų namų tankumas;
- darbo vietų skaičius.

Socialinės aplinkos veiksniai:

- švietimo įstaigų skaičius (išskyrus darželius);
- vietų skaičius darželiuose;
- gydymo įstaigų skaičius;
- laisvalaikio įstaigų skaičius;
- nusikaltimų skaičius.

Aplinkos apsaugos veiksniai:

- oro tarša;
- triukšmas;
- atstumas iki miesto centro;
- žaliosios erdvės (prižiūrimi parkai, skverai).

Remiantis sudaryta rodiklių sistema sveikas ir saugus būstas gali būti įvertintas mezo lygmenyje, analizuojant Vilniaus miesto seniūnijas (3.2 poskyris) holistiniu požiūriu.

### 2.1.3. Mikro lygmuo

Remiantis atlikta ekspertinių (Soyguder, Alli 2009; Botia *et al.* 2012), sprendimų paramos (Körner, Van Straten 2008; Ahmed *et al.* 2011), intelektinių (Yakubu 1996; Thiers, Peuportier 2008; Chlela *et al.* 2009; Parker 2009; Wang, Gwilliam 2009) ir žinių (Matsumoto, Toyoda 1994; Fazio *et al.* 1989) sistemų analize, sveiko ir saugaus būsto vertinimo rodiklių sistema mikro lygmenyje remiasi Anglijos sveiko ir saugaus būsto vertinimo standartu (Office of the Deputy Prime... 2006; HHSRS worked examples 2007), kuris nagrinėja 29 būsto ir jo aplinkos rodiklių grupes, suskirstytus į 4 kategorijas: fiziologinius reikalavimus, psichologinius reikalavimus, apsaugos nuo infekcijų rodiklius ir apsaugos nuo nelaimingų atsitikimų rodiklius.

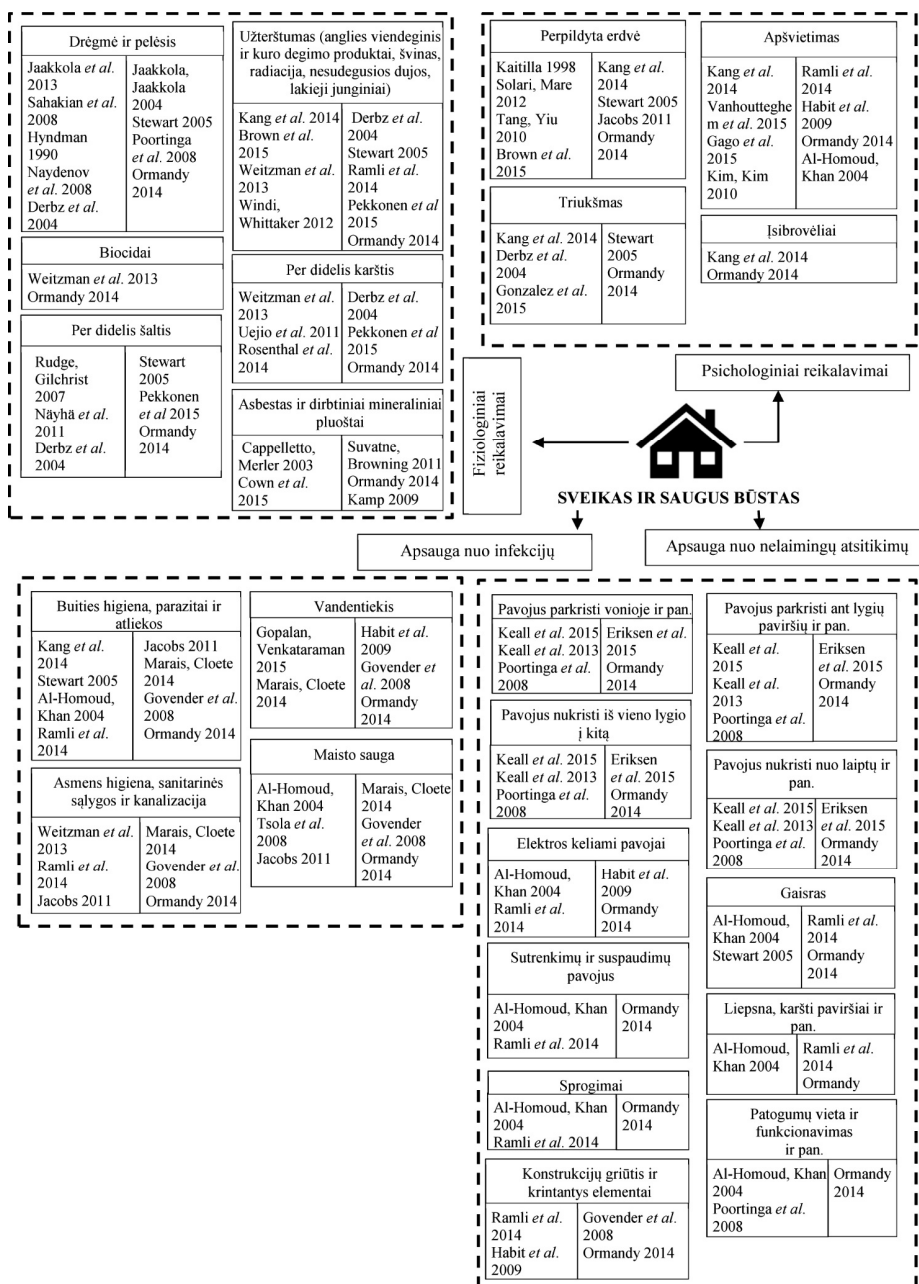
Anglijos sveiko ir saugaus būsto vertinimo standarto sistemos rodiklių grupės (Office of the Deputy Prime... 2006):

I. Fiziologiniai reikalavimai:

- Drėgmė ir pelėsis;

- Per didelis šaltis;
  - Per didelis karštis;
  - Asbestas ir dirbtiniai mineraliniai pluoštai;
  - Biocidai;
  - Anglies viendeginis ir kuro degimo produktai;
  - Švinas;
  - Radiacija;
  - Nesudegusios dujos;
  - Lakieji junginiai.
- II. Psichologiniai reikalavimai:
- Perpildyta erdvė;
  - Įsibrovėliai;
  - Apšvietimas;
  - Triukšmas.
- III. Apsauga nuo infekcijų:
- Buities higiena, parazitai ir atliekos;
  - Maisto sauga;
  - Asmens higiena, sanitarinės sąlygos ir kanalizacija;
  - Vandentiekis.
- IV. Apsauga nuo nelaimingų atsitikimų:
- Pavojus parkristi vonioje ir pan.;
  - Pavojus parkristi ant lygių paviršių ir pan.;
  - Pavojus nukristi nuo laiptų ir pan.;
  - Pavojus nukristi iš vieno lygio į kitą;
  - Elektros keliami pavojai;
  - Gaisras;
  - Liepsna, karšti paviršiai ir pan.;
  - Sutrenkimų ir suspaudimų pavojus;
  - Sprogimai;
  - Patogumų vieta ir funkcionavimas ir pan.;
  - Konstrukcijų griūtis ir krintantys elementai.

Užsienio mokslininkai taip pat nagrinėjo fiziologinių (Jaakkola *et al.* 2013; Ormandy 2014; Cown *et al.* 2015; Kang *et al.* 2014; Brown *et al.* 2015 ir kt.), psichologinių reikalavimų (Gago *et al.* 2015; Gonzalez *et al.* 2015; Kang *et al.* 2014; Brown *et al.* 2015), apsaugos nuo infekcijų (Ramli *et al.* 2014; Marais, Cloete 2014; Jacobs 2011; Gopaland, Venkataraman 2015) bei nelaimingų atsitikimų (Keall *et al.* 2013, 2015; Ormandy 2014; Eriksen *et al.* 2015; Ramli *et al.* 2014) poveikį žmogaus sveikatai. Apibendrinta atlikta autorių analizės pateikiama 2.1 paveiksle.



2.1 pav. Sveiko ir saugaus būsto vertinimo sistemos pagrindimas (sudarytas autorės)

Fig. 2.1. Healthy and safe housing criteria evaluation system justification (developed by author)



Svarbu pažymėti, jog Anglijos sveiko ir saugaus būsto vertinimo standartas kitose šalyse tapo galiojančio būsto ir sveikatos tinkamumo standartų alternatyva. Sistema sukurta vadovaujantis potencialios rizikos sveikatai ir saugumui vertinimu, siejama su tam tikrais būsto projektavimo ir statybos trūkumais. Sistema buvo kuriama įvertinant naujausias sveiko ir saugaus būsto užtikrinimo tendencijas. Jos pažangumą ir pritaikomumą rodo tai, kad ji ne tik sėkmingai taikoma Anglijoje, bet remiantis šia sistema buvo sukurta ir JAV Sveiko būsto vertinimo sistema. Todėl sveiko ir saugaus būsto vertinimui ir buvo pasirinktas užsienyje plačiai naudojamas Anglijos sveiko ir saugaus būsto vertinimo standartas.

Remiantis atlikta užsienio literatūros analize ir jau praktikoje taikoma Anglijos sveiko ir saugaus būsto vertinimo sistema, ši rodiklių sistema bus pritaikyta sveiko ir saugaus būsto mikro lygmenyje daugiakriteriam vertinimui atlikti.

## **2.2. Daugiakriteriui analizei reikalingų pradinių duomenų paruošimas**

Vienas svarbiausių sveiko ir saugaus būsto užstatytoje aplinkoje daugiakriterės analizės etapų – alternatyvas apibūdinančių rodiklių reikšmių ir jų reikšmingumų nustatymas. Apskaičiavus rodiklių reikšmes ir reikšmingumus bei taikant daugiakriterės analizės metodus, nustatomi lyginamų variantų naudingumo laipsnis ir prioritetas.

Pradiniai duomenys sveiko ir saugaus būsto makro lygmenyje vertinimui gauti iš Numbeo (2015, 2016). Numbeo sukūrė QOL, kuris vertina bendrą gyvenimo kokybę taikant empirines formules. Šie duomenys buvo naudoti daugiakriteriam vertinimui atlikti. Mezo lygmens vertinimui pradiniai duomenys surinkti ir apdoroti iš įvairių šaltinių: Lietuvos statistikos departamento, Vilniaus miesto savivaldybės, Vilniaus m. socialinės paramos centro, nekilnojamojo turto portalo Aruodas.lt, įmonės UAB „CodeIn“ internetinio portalo „Kurgyvenu.lt“, Nacionalinės visuomenės sveikatos priežiūros laboratorijos, paieškos sistemos *Google* žemėlapių. Mikro aplinkos vertinimui atlikti naudota Anglijos sveiko ir saugaus būsto atliktų vertinimo objektų duomenų bazė.

Kiekybinių ir kokybinių rodiklių reikšmės apskaičiuojamos sveikam ir saugiam būstui makro, mezo ir mikro lygmenyse. Kokybinių rodiklių reikšmės dažniausiai nustatomos remiantis ekspertiniais metodais.

Lyginamų objektų analizės rezultatai pateikiami sprendimų matricos pavidalu, kur stulpeliai išreiškia nagrinėjamus  $n$  objektus, o eilutės pateikiama skaitinė ir koncepcinė informacija, išsamiai apibūdinanti nagrinėjamas alternatyvas. Sveiko ir saugaus būsto makro, mezo ir mikro lygmenyse alternatyvas aprašant skaitine ir koncepcine formomis, pateikiama jo įvairius aspektus (fiziologinius ir psichologinius reikalavimus, apsauga nuo infekcijų ir nelaimingų atsitikimų,

ekonominis ir teisinis) apibūdinanti informacija. Skaitinė informacija apima rodiklių sistemas, matavimo vienetus, reikšmes ir pradinius reikšmingumus, minimizuojantį ar maksimizuojantį rodiklius. Aprašant būstą koncepcine forma, tekstu, schemomis, grafikais, diagramomis, brėžiniais ir vaizdajuostėmis pateikiama koncepcinė informacija apie aplinkas/būstus ir juos išsamiai apibūdinančius rodiklius (jų aprašymas, priežastys ir pagrindimas, kuriais remiantis buvo nustatyta kriterijų sistema, reikšmės ir reikšmingumai). Koncepcinė informacija reikalinga norint išsamiau ir tiksliau įvertinti nagrinėjamas alternatyvas, t. y. ji padeda gauti ne tik išsamesnę informaciją, bet taip pat tiksliau sudaryti rodiklių sistemą bei nustatyti rodiklių reikšmes ir reikšmingumus. (Zavadskas *et al.* 1994; Kaklauskas 1999)

Sveiko ir saugaus būsto makro, mezo ir mikro lygmens daugiakriterės analizės metu dažniausiai naudojama didelės apimties informacija, todėl ją racionalu apdoroti matriciniu būdu. Šiuo atveju nagrinėjamos alternatyvos, jas apibūdinanti skaitinė ir koncepcinė informacija grupuojamos tam tikra tvarka, t. y. paruošiama sveiko ir saugaus būsto makro, mezo ir mikro lygmens daugiakriterės analizės sugrupuota sprendimų priėmimo matrica (2.3 lentelė).

**2.3 lentelė.** Sveiko ir saugaus būsto makro, mezo ir mikro lygmens daugiakriterės analizės sugrupuota sprendimų priėmimo matrica (Zavadskas *et al.* 1994; Kaklauskas 1999)

**Table 2.3.** Healthy and safe housing multiple criteria analysis grouped decision making matrix in makro, mezo ir mikro levels (Zavadskas *et al.* 1994; Kaklauskas 1999)

Skaitinė informacija									
Nagrinėjami rodikliai	*	Reikšmingumas	Matavimo vnt.	Nagrinėjami objektai					
				1	2	...	$j$	...	$n$
Kiekybiniai rodikliai	$\tilde{z}_1$	$q_1$	$m_1$	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1j}$	...	$x_{1n}$
	$\tilde{z}_2$	$q_2$	$m_2$	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2j}$	...	$x_{2n}$
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	$\tilde{z}_i$	$q_i$	$m_i$	$x_{i1}$	$x_{i2}$	...	$x_{ij}$	...	$x_{in}$
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	$\tilde{z}_t$	$q_t$	$m_t$	$x_{t1}$	$x_{t2}$	...	$x_{tj}$	...	$x_{tn}$
Kokybiniai rodikliai	$\tilde{z}_{t+1}$	$q_{t+1}$	$m_{t+1}$	$x_{t+11}$	$x_{t+12}$	...	$x_{t+1j}$	...	$x_{t+1n}$
	$\tilde{z}_{t+2}$	$q_{t+2}$	$m_{t+2}$	$x_{t+21}$	$x_{t+22}$	...	$x_{t+2j}$	...	$x_{t+2n}$
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	$\tilde{z}_i$	$q_i$	$m_i$	$x_{i1}$	$x_{i2}$	...	$x_{ij}$	...	$x_{in}$
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	$\tilde{z}_m$	$q_m$	$m_m$	$x_{m1}$	$x_{m2}$	...	$x_{mj}$	...	$x_{mn}$
Koncepcinė informacija (tekstas, brėžiniai, grafikai, vaizdajuostės)									
$K_k$	$K_{\tilde{z}}$	$K_q$	$K_m$	$K_1$	$K_2$	...	$K_j$	...	$K_n$

\* – Ženklas  $\tilde{z}_i$  (+ (–)) rodo, kad atitinkamai didesnė (mažesnė) rodiklio reikšmė labiau atitinka sveiko ir saugaus būsto makro, mezo ir mikro lygmens reikalavimus.

Norint išrinkti sveiką ir saugų būstą (aplinką) makro, mezo ir mikro lygmenyse, reikia, sudarius sprendimų priėmimo matricą, atlikti daugiakriterę analizę. Tai atliekama lyginant nagrinėjamų objektų rodiklių reikšmes ir reikšmingumus, analizuojant koncepcinę informaciją. Nagrinėjamą būstą (aplinką) galima apibūdinti tik remiantis daugelio skirtingą prasmę ir dimensijas turinčių rodiklių sistema. Šie metodai toliau nagrinėjami.

## 2.3. Rodiklių reikšmingumų nustatymo metodai

Rodiklių reikšmingumai gali būti nustatomi objektyviai ir subjektyviai. Rodiklių vertinimo metu galima įvertinti duomenų struktūrą ir nustatyti kiekvieno rodiklio realų dominavimo laipsnį, t. y. rodiklių objektyvius reikšmingumus. Kombinuoti reikšmingumai yra paremti subjektyvių ir objektyvių reikšmingumų integracija (Hwang, Yoon 1981; Ma *et al.* 1999; Zavadskas, Podvezko 2016). Disertacijoje taikomi entropijos, kriterijų įtakos praradimo (CILOS) ir integruotų kriterijų objektyvių reikšmingumų nustatymo (IDOCRIW) metodai (2.3.1 poskyris). Praktikoje dažniau taikomas subjektyvus reikšmingumų nustatymas pagrįstas ekspertiniu vertinimu (Kurilov *et al.* 2016). Subjektyvius rodiklių reikšmingumus, kaip apibendrintus ekspertų nuomonių vidurkius, galima taikyti daugiakriteriame vertinime, jei nustatytos ekspertų nuomonės yra suderintos. Subjektyvus reikšmingumų nustatymas pateiktas 2.3.2 poskyryje, o subjektyvių ir objektyvių reikšmingumų integracija – 2.3.3 poskyryje.

### 2.3.1. Rodiklių objektyvių reikšmingumų nustatymas

Sveiko ir saugaus būsto vertinimui mezo lygmenyje rodiklių objektyviems reikšmingumams nustatyti taikomi entropijos, CILOS ir IDOCRIW metodai, kurie toliau trumpai aprašomi.

Channon (1948) pasiūlė entropijos metodą objektyviems reikšmingumams nustatyti. Entropijos reikšmingumai nustatomi šiais etapais (Hwang, Yoon 1981, Zavadskas, Podvezko 2016):

- Rodiklių reikšmės yra normalizuojamos pagal formulę:

$$\widetilde{r}_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^n r_{ij}}, \quad (2.1)$$

čia  $\widetilde{r}_{ij}$  – normalizuotos matricos elementai;  $r_{ij}$  – matricos elementai.

- Skaičiuojamas kiekvieno rodiklio entropijos lygis:

$$E_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n \widetilde{r}_{ij} \cdot \ln \widetilde{r}_{ij}, \quad (j = 1, 2, \dots, m; 0 \leq E_j \leq 1), \quad (2.2)$$

- Skaičiuojamas kiekvieno rodiklio sklaidos lygis, t. y. entropijos reikšmingumų nenormalizuotos reikšmės:

$$d_j = 1 - E_j, \quad (2.3)$$

- Entropijos reikšmingumai yra suskaičiuotų  $d_j$  normalizuotos reikšmės:

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j}. \quad (2.4)$$

Entropijos metodu vertinama reali duomenų masyvo struktūra, jo nehomogeniškumo laipsnis. Kuo tikslesnis skirtumas tarp konkretaus rodiklio reikšmių, tuo didesnę įtaką jis turi išrenkant geriausią variantą.

Kitas perspektyvus kriterijų įtakos praradimo (grupinio pasirinkimo) objektyvių reikšmingumų nustatymo metodas yra CILOS (Mirkin 1974). Šis metodas vertina kiekvieno rodiklio praradimus, kai vienas iš likusiųjų rodiklių įgyja optimalią – didžiausią arba mažiausią reikšmę (Zavadskas, Podvezko 2016).

Pirmiausia minimizuojami rodikliai pertvarkomi į maksimizuojamus taip, kad didžiausia rodiklio reikšmė būtų optimali (geriausia), pavyzdžiui, pagal formulę:

$$\overline{r_{ij}} = \frac{\min_i r_{ij}}{r_{ij}}. \quad (2.5)$$

Nauja matrica pažymima  $X = \|x_{ij}\|$ . Skaičiuojamos matricos kiekvieno rodiklio, t. y. kiekvieno stulpelio didžiausios reikšmės:  $x_j = \max_i x_{ij} = x_{k_jj}$ , čia  $k_j$   $j$ -jo stulpelio eilutės su didžiausiu elementu eilutės numeris.

Formuojama kvadratinė matrica  $A = \|a_{ij}\|$  iš  $k_j$ -ų eilučių matricos  $X$  reikšmių  $x_{k_jj}$ , atitinkančių  $j$ -jų rodiklių maksimumą:  $a_{jj} = x_j$ ,  $a_{ij} = x_{k_jj}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, m$ ;  $m$  – rodiklių skaičius), t. y. visų rodiklių didžiausios reikšmės atsiras matricos pagrindinėje įstrižainėje. Matricos  $A$   $i$ -oji eilutė yra matricos  $X$  eilutės  $k_i$  elementai. Reikia pastebėti, kad  $A$  matricoje gali būti vienodos  $X$  matricos eilutės, jei skirtingų rodiklių didžiausios reikšmės buvo toje pačioje eilutėje, jos priklauso vienai alternatyvai.

Formuojama santykinų praradimų matrica  $P = \|p_{ij}\|$ :

$$p_{ij} = \frac{x_j - a_{ij}}{x_j} \quad (p_{ij} = 0; i, j = 1, 2, \dots, m). \quad (2.6)$$

Praradimų matricos  $P$  elementai  $p_{ij}$  rodo, kiek santykinai prarado kiekvienas alternatyvos rodiklis, kad ši alternatyva būtų geriausia pagal visus rodiklius visuose (optimumas pagal Pareta), t. y. kiek santykinai prarado alternatyvos  $j$ -asis rodiklis, jei  $i$ -asis rodiklis pasirinktas geriausiu.

Kriterijų įtakos praradimo reikšmingumą nustatymo metodo idėja yra tame, kad jeigu rodiklio praradimas mažas, tai jam atitenka didesnis reikšmingumas ir atvirkščiai – jei rodiklio praradimas didelis, tai reikšmingumo reikšmė turi būti maža, nes jis mažiau reikšmingas, lyginant su kitais rodikliais.

Sistema (2.7) gali būti užrašyta matricine forma reikšmingumų vektoriaus  $q = (q_1, q_2, \dots, q_m)$  atžvilgiu:

$$Fq = 0. \quad (2.7)$$

Čia matrica  $F$  yra:

$$F = \begin{pmatrix} -\sum_{i=1}^m p_{i1} & p_{12} & \dots & p_{1m} \\ p_{21} & -\sum_{i=1}^m p_{i2} & & p_{2m} \\ & \dots & & \\ p_{m1} & p_{m2} & \dots & -\sum_{i=1}^m p_{im} \end{pmatrix}. \quad (2.8)$$

Rodiklių įtakos praradimo metodo savybė „kompensuoja“ atitinkamą entropijos metodo trūkumą. Kaip vieno iš rodiklių reikšmės tarp savęs mažai skiriasi, santykinų praradimų matricos  $p_{ij}$  (2.6) artėjo nuliui, atitinkamas rodiklių reikšmingumas didėja ir turi didelę įtaką vertinimui. Homogeniniu atveju, kai vieno iš rodiklio visų alternatyvų reikšmės vienodos, visi santykiniai praradimai (2.7) ir bendras praradimas (jų suma) lygi nuliui ir tiesinė lygčių reikšmingumų sistema neturi prasmės, nes vienas matricos  $P$  elementų stulpelis lygus nuliui.

Kitas metodas rodiklių objektyvių reikšmingumų nustatymui – integruotas kriterijų objektyvių reikšmingumų nustatymo (IDOCRIW) (angl. *Integrated Determination of Objective CRiteria Weights*) metodas. E. K. Zavadskas ir V. Podvezko (2016) pasiūlė integruoti entropijos ir CILOS reikšmingumų skaičiavimo metodiką ir sukūrė IDOCRIW metodą. Taikant skirtingo poveikio reikšmingumų sujungimą į vieną bendrą reikšmingumą, galima sujungti entropijos reikšmingumus  $W_j$  ir kriterijų įtakos praradimo metodų reikšmingumus  $q_j$ , jungiant juos į sudėtinius reikšmingumus  $\omega_j$  (Zavadskas, Podvezko 2016):

$$\omega_j = \frac{q_j W_j}{\sum_{j=1}^m q_j W_j}. \quad (2.9)$$

Šie reikšmingumai akcentuos rodiklių atskirų reikšmių išsiskyrimą (entropijos savybė), tačiau šių rodiklių įtaką sumažės dėl didesnio praradimo kitų rodiklių atžvilgiu.

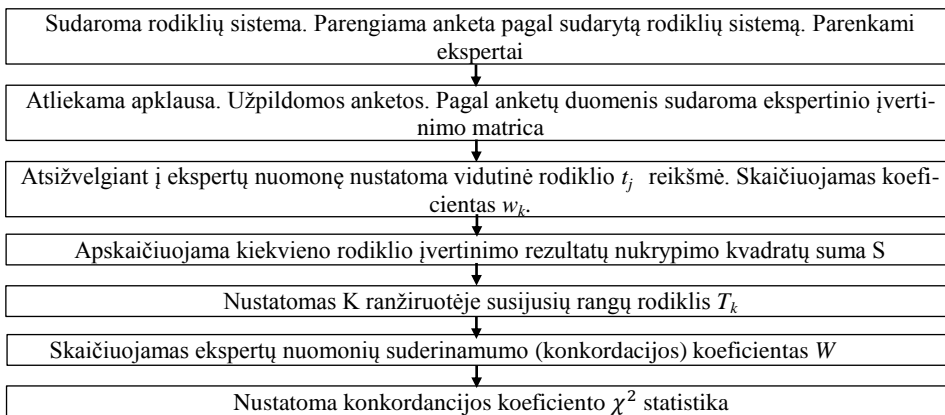
Apjungti entropijos ir kriterijų įtakos praradimo reikšmingumai į integruotus objektyvius reikšmingumus yra pritaikomi daugiakriteriame vertinime, variantų rangavimui ir geriausios alternatyvos pasirinkimui.

### 2.3.2. Rodiklių subjektyvių reikšmingumų nustatymas remiantis ekspertine apklausa

Dauguma šiuo metu žinomų ir taikomų daugiakriterio vertinimo rodiklių reikšmingumų nustatymo metodų pagrįsti ekspertiniais vertinimais. Subjektyvų rodiklių reikšmingumų nustatymo pagrindą sudaro specialistų ekspertų vertinimai. Vertinimai priklauso nuo ekspertų kvalifikacijos, darbo specifikos, suinteresuotumo, darbo stažo ir pan.

Taikant ekspertinius metodus svarbu nustatyti rodiklių reikšmingumą, be kurio nustatymo sunku įvertinti tyrimo patikimumą ir alternatyvas. Ekspertų nuomonių suderinamumas nustatomas pagal 2.2 paveiksle pateiktą schemą (Zavadskas *et al.* 1994; Kaklauskas 1999).

Šio skaičiavimo tikslas nustatyti, ar pakankamas atskirų ekspertų nuomonių sutapimo laipsnis, kad būtų galima remiantis ekspertinio įvertinimo rezultatais atlikti patikimą tyrimą. Ekspertų nuomonių suderinamumo laipsnį nusako konkordancijos koeficientas  $W$ .



**2.2 pav.** Ekspertų nuomonių suderinamumo įvertinimo schema (Zavadskas *et al.* 1994; Kaklauskas 1999)

**Fig. 2.2.** Experts opinions compatibility assessment scheme (Zavadskas *et al.* 1994; Kaklauskas 1999)

Konkordancijos koeficiento  $W$  skaičiavimai, naudojantis sudaryta ekspertinio įvertinimo rodiklių lentele, atliekami tokia tvarka (Zavadskas *et al.* 1994; Kaklauskas 1999):

1. Pirmiausiai, įvertinus turimus ekspertų vertinimo rezultatus, nustatoma rangų sumą pagal formulę:

$$t_j = \sum_{k=1}^r t_{jk}, \quad (2.10)$$

čia  $r$  – ekspertų skaičius,  $k$  – ekspertų autoriteto koeficientas,  $t_{jk}$  – eksperto atliktas  $j$  rodiklio vertinimas.

2. Kitame etape nustatoma vidutinė rodiklio vertinimo reikšmė:

$$\bar{t}_j = \frac{\sum_{k=1}^r t_{jk}}{r}, \quad (2.11)$$

čia  $r$  – ekspertų skaičius,  $k$  – ekspertų autoriteto koeficientas,  $t_{jk}$  – eksperto atliktas  $j$  rodiklio vertinimas.

3. Nustatoma rangų suma pagal tokią formulę:

$$S = \sum_{j=1}^n \bar{t}_j, \quad (2.12)$$

čia  $n$  – įvertinamų rodiklių skaičius.

4. Nustatoma kiekvieno rodiklio įvertinimo rezultatų nukrypimo kvadratų suma pagal formules:

$$S = \sum_j^n \left( \sum_{k=1}^r t_{jk} - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r t_{jk} \right), \quad (2.13)$$

$$T_k = \sum_{l=1}^{H_k} (h_k^3 - h_j), \quad (2.14)$$

čia  $T_k$  –  $k$  rangavime susijusių rangų rodiklis,  $H_k$  – lygių rangų skaičius  $k$  rangavime,  $h_k$  – lygių rangų,  $l$  susijusių rangų grupėje skaičius, įvertinant  $k$  ekspertui,  $t_{jk}$  –  $k$  eksperto rodikliui priskiriamas rangas,  $r$  – ekspertų skaičius,  $n$  – įvertinamų rodiklių skaičius.

5. Nustatomas konkordancijos koeficientas pagal formulę (Kendall 1975):

$$W = \frac{12S}{r^2(n^3 - n)}. \quad (2.15)$$

Šia formule yra nustatomas ekspertų suderinamumas. Koeficientas nusako individualių nuomonių sutapimo laipsnį.

6. Nustatoma konkordancijos koeficiento rodiklio statistika pagal formulę (Kendall 1975):

$$\chi^2 = W \cdot r \cdot (n - 1) = \frac{12S}{r \cdot n \cdot (n+1)}. \quad (2.16)$$

Jei  $s$  didesnis nei  $\chi_{lent}^2$  pagal lentelę (reikšmė priklauso nuo laisvės laipsnių skaičiaus bei nustatymo tikslumo lygio), ekspertų rangavimo paisoma. Jei  $\chi^2 \leq \chi_{lent}^2$ , yra manoma, kad ekspertų nuomonė yra nesuderinta.

### 2.3.3. Objektivių ir subjektyvių reikšmingumų apjungimas

Apskaičiavus objektyvius reikšmingumus pagal entropiją, CILOS ir IDOCRIW metodus bei objektyvius reikšmingumus pagal ekspertinį vertinimą gali būti įvertinti apibendrinti reikšmingumai, kurie didina skaičiavimo patikimumą.

Apibendrintiems reikšmingumams nustatyti taikoma (2.17) formulė, kurioje apjungiami subjektyvūs reikšmingumai  $w_i$  ir objektyvūs reikšmingumai  $\omega_j$ :

$$\alpha_j = \frac{w_j \omega_j}{\sum_{j=1}^m w_j \omega_j}. \quad (2.17)$$

Nustačius rodiklių reikšmingumus, šiame darbe atliekamas Vilniaus miesto seniūnijų daugiakriteris vertinimas pagal kompleksinio proporcingumo įvertinimo (COPRAS), paprastąjį sudedamų reikšmingumų (SAW), variantų racionalumo nustatymo artumo idealiam taškui (TOPSIS) ir vertinimo remiantis atstumu nuo vidutinio sprendimo (EDAS) metodus.

## 2.4. Sveiko ir saugaus būsto daugiakriterio vertinimo metodai makro, mezo ir mikro aplinkai analizuoti

Daugelis daugiakriterės analizės metodų, tokių kaip AHP, ELECTRE, TOPSIS, COPRAS ir ANP (Hwang, Yoon 1981; Zavadskas *et al.* 1994; Kaklauskas 1999; Chen *et al.* 2014; Dong *et al.* 2014; Nilashi *et al.* 2015; Karaca *et al.* 2015; Keshavarz Ghorabae *et al.* 2015; Mulliner *et al.* 2016; Motuzienė *et al.* 2016) gali būti naudojami darniai užstatytai aplinkai vertinti. Karaca *et al.* (2015) pritaikė neapibrėžtųjų aibių AHP ir ELECTRE metodus futuristinei darnios užstatytos aplinkos idėjai įvertinti, kurią pavadino „Miesto pulsas“. Mulliner *et al.* (2016) integravo AHP, TOPSIS ir COPRAS metodus darniam būsto įperkamumui analizuoti. Nilashi *et al.* (2015) sukūrė žiniomis pagrįstą ekspertinę sistemą žaliųjų pastatų vertinimui taikant AHP metodą. Vertinant sveiką ir saugų būstą makro lygmenyje siūloma taikyti integruotus COPRAS (Zavadskas *et al.* 1994; Kaklauskas 1999) ir INVAR (Kaklauskas 2016) metodus, mezo lygmenyje – COPRAS, SAW, TOPSIS, EDAS metodus, o mikro lygmenyje naudoti COPRAS metodą. Toliau šie metodai trumpai aprašomi.

### 2.4.1. COPRAS metodas

COPRAS metodas yra sukurtas VGTU mokslininkų (Zavadskas *et al.* 1994; Kaklauskas 1999). Šiuo metodu nagrinėjamų variantų prioritetą ir reikšmingumas tiesiogiai ir proporcingai priklauso nuo alternatyvas adekvačiai apibūdinančių rodiklių sistemos, rodiklių reikšmių ir reikšmingumų dydžių. Rodiklių sistemą nustato, o rodiklių reikšmes ir pradinis reikšmingumus apskaičiuoja ekspertai. Visą šią informaciją gali pakoreguoti suinteresuotos grupės (gyventojai, užsakovas, vartotojai ir pan.), atsižvelgdamos į savo siekiamus tikslus ir esamas galimybes. Todėl alternatyvų įvertinimo rezultatai išsamiai atspindi ekspertų ir suinteresuotų grupių bendrai pateiktus pradinis duomenis (Zavadskas *et al.* 1994; Kaklauskas 1999).



Nagrinėjimų alternatyvų reikšmingumas ir prioritetiškumas skaičiuojami penkiais etapais (Zavadskas *et al.* 1994; Kaklauskas 1999).

1 etapas. Sudaroma įvertinta normalizuota sprendimų matrica  $D$ . Šio etapo tikslas – iš lyginamų rodiklių gauti bedimensius (normalizuotus) įvertintus dydžius. Kai žinomi bedimensiai įvertinti dydžiai, galima palyginti visus skirtingų matavimo vienetų rodiklius. Tam taikoma tokia formulė:

$$d_{ij} = \frac{x_{ij}q_i}{\sum_{j=1}^n x_{ij}}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}. \quad (2.18)$$

čia  $x_{ij}$  –  $i$  rodiklio reikšmė  $j$  sprendimo variante;  $m$  – rodiklių skaičius;  $n$  – lyginamų variantų skaičius;  $q_i$  –  $i$  rodiklio reikšmingumas.

Kiekvieno rodiklio  $x_i$  gautų bedimensių įvertintų reikšmių  $d_{ij}$  suma visada lygi šio rodiklio reikšmingumui  $q_i$ :

$$q_i = \sum_{j=1}^n d_{ij}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}. \quad (2.19)$$

Kitaip sakant, nagrinėjamo rodiklio reikšmingumo  $q_i$  reikšmė proporcingai pasiskirstoma visiems alternatyviems variantams  $a_j$ , atsižvelgiant į jų reikšmes  $x_{ij}$ .

2 etapas. Apskaičiuojamos  $j$  variantą apibūdinančių kaštų (jų mažesnė reikšmė yra geresnė, pavyzdžiui, būsto kaina, nusikaltimų skaičius)  $S_j$  ir naudos (jų didesnė reikšmė yra geresnė, pavyzdžiui, atstumas iki artimiausio elektromagnetinės spinduliuotės šaltinio)  $S_{+j}$  rodiklių sumos. Jos apskaičiuojamos pagal formulę:

$$S_{+j} = \sum_{i=1}^m d_{+ij}; S_{-j} = \sum_{i=1}^m d_{-ij}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}. \quad (2.20)$$

Šiuo atveju  $S_{+j}$  (juo didesnis šis dydis (nagrinėjamo objekto „plusai“), tuo daugiau įgyvendintų nagrinėjamo objekto reikalavimų) ir  $S_{-j}$  (juo mažesnis šis dydis (nagrinėjamo objekto „minusai“), tuo labiau pasiekti nagrinėjamo objekto reikalavimai) dydžiai išreiškia kiekvieno alternatyvaus objekto suinteresuotų grupių pasiektų tikslų laipsnį.

Bet kuriuo atveju visų alternatyvių objektų  $S_{+j}$  ir  $S_{-j}$  sumos visada yra atitinamai lygios visoms kaštų ir naudos rodiklių reikšmingumų sumoms:

$$\begin{aligned} S_{+} &= \sum_{j=1}^n S_{+j} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{+ij}, \\ S_{-} &= \sum_{j=1}^n S_{-j} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{-ij}, \quad i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}. \end{aligned} \quad (2.21)$$

3 etapas. Lyginamų variantų santykinis reikšmingumas (efektyvumas) nustatomas remiantis juos apibūdinančiomis teigiamomis (objekto „plusais“)  $S_{+j}$  ir neigiamomis (objekto „minusais“)  $S_{-j}$  savybėmis. Kiekvieno objekto  $a_j$  santykinis reikšmingumas  $Q_j$  nustatomas pagal formulę:

$$Q_j = S_{+j} + \frac{S_{-min} \sum_{j=1}^n S_{-j}}{S_{-j} \sum_{j=1}^n \frac{S_{-min}}{S_{-j}}}, j = \overline{1, n}. \quad (2.22)$$

4 etapas. Nustatomas objektų prioritetiškumas. Juo didesnis  $Q_j$ , tuo didesnis prioritetiškumas. Išanalizavus anksčiau pateiktą metodą galima padaryti išvadą, kad juo remiantis gana paprasta įvertinti sveiką ir saugų būstą (aplinką) makro, mezo ir mikro lygmenyse, aiškiai matant šio proceso fizinę prasmę. Bet to, juo remiantis suformuotas apibendrintas (redukuotas) rodiklis  $Q_j$  tiesiogiai ir proporcingai priklauso nuo lyginamų rodiklių reikšmių  $x_{ij}$  ir reikšmingumų  $q_i$  santykinės įtakos galutiniam rezultatui (2.4 lentelė).

**2.4 lentelė.** Sveiko ir saugaus būsto daugiakriterės analizės rezultatai makro, mezo ir mikro lygmenyse (pagal Zavadskas *et al.* (1994) ir Kaklauskas (1999))

**Table 2.4.** Healthy and safe housing results of multi-criteria analysis in makro, mezo ir mikro levels (according to Zavadskas *et al.* (1994) and Kaklauskas (1999))

Skaitinė informacija									
Nagrinėjami rodikliai	*	Reikšmingumas	Matavimo vnt.	Lyginamosios alternatyvos					
				1	2	...	$j$	...	$n$
$X_1$	$\tilde{z}_1$	$q_1$	$m_1$	$d_{11}$	$d_{12}$	...	$d_{1j}$	...	$d_{1n}$
$X_2$	$\tilde{z}_2$	$q_2$	$m_2$	$d_{21}$	$d_{22}$	...	$d_{2j}$	...	$d_{2n}$
$X_3$	$\tilde{z}_3$	$q_3$	$m_3$	$d_{31}$	$d_{32}$	...	$d_{3j}$	...	$d_{3n}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$X_i$	$\tilde{z}_i$	$q_i$	$m_i$	$d_{i1}$	$d_{i2}$	...	$d_{ij}$	...	$d_{in}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$X_m$	$\tilde{z}_m$	$q_m$	$m_m$	$d_{m1}$	$d_{m2}$	...	$d_{mj}$	...	$d_{mn}$
Naudos rodiklių suma				$S_{+1}$	$S_{+2}$	...	$S_{+j}$	...	$S_{+n}$
Kaštų rodiklių suma				$S_{-1}$	$S_{-2}$	...	$S_{-j}$	...	$S_{-n}$
Sveiko ir saugaus būsto alternatyvos reikšmingumas (makro, mezo ir mikro lygmuo)				$Q_1$	$Q_2$	...	$Q_j$	...	$Q_n$
Sveiko ir saugaus būsto alternatyvos prioritetiškumas (makro, mezo ir mikro lygmuo)				$P_1$	$P_2$	...	$P_j$	...	$P_n$
Sveiko ir saugaus būsto naudingumo laipsnis (makro, mezo ir mikro lygmuo)				$N_1$	$N_2$	...	$N_j$	...	$N_n$

\* – Ženklas  $\tilde{z}_i$  (+ (–)) parodo, kad atitinkamai didesnė (mažesnė) rodiklio reikšmė labiau atitinka sveiko ir saugaus būsto makro, mezo ir mikro lygmens reikalavimus.

5 etapas. Sveiko ir saugaus būsto makro, mezo ir mikro lygmenyse  $a_j$  naudingumo laipsnis  $N_j$  nustatomas pagal tokią formulę:

$$N_j = (Q_j : Q_{\max}) \cdot 100\%, \quad (2.23)$$

čia  $Q_j$  ir  $Q_{\max}$  – būstų (aplinkos) reikšmingumai apskaičiuoti pagal (2.22) formulę.

Sveiko ir saugaus būsto makro, mezo ir mikro lygmenyse  $a_j$  naudingumo laipsnis  $N_j$  išreiškia reikalavimų pasiekimo lygį. Juo daugiau ir reikšmingesnių pasiekta tikslų, tuo būsto naudingumo laipsnis didesnis. Kadangi suinteresuotas

grupės labiausiai domina, kokių laipsnių nagrinėjami variantai yra vieni už kitus sveikesni ir saugesni, tai praktikoje išrenkant sveikiausią ir saugiausią būstą geriau vartoti naudingumo, o ne reikšmingumo sąvoką.

## 2.4.2. INVAR metodas

INVAR metodu (Kaklauskas 2016), kaip ir COPRAS (Zavadskas *et al.* 1994; Kaklauskas 1999), nagrinėjamų variantų prioritetiškumas ir reikšmingumas tiesiogiai ir proporcingai priklauso nuo alternatyvas adekvačiai apibūdinančių rodiklių sistemos, rodiklių reikšmių ir reikšmingumų dydžių. INVAR metodo 1–5 etapas yra identiški COPRAS metodui (Zavadskas *et al.* 1994; Kaklauskas 1999). Tačiau 6–10 etapuose sudaromos skaitmeninės rekomendacijos ir atliekamas rodiklių optimizavimas siekiant, kad nagrinėjamas objektas būtų vienodai konkurencingas palyginus su kitomis lyginamosiomis alternatyvomis. Toliau šie etapai (6–10) trumpai aprašomi (Kaklauskas 2016):

6 etapas. Nagrinėjamo objekto  $a_j$  investicinės vertės  $x_{1j \text{ cycle } e}$  skaičiavimas priartėjimo būdu. Problemą galima suformuluoti taip: kokia turi būti nagrinėjamo objekto  $a_j$  rinkos vertė  $x_{1j \text{ cycle } e}$ , kad šis objektas būtų vienodai konkurencingas rinkoje su lyginamomis alternatyvomis ( $a_1$ – $a_n$ ) (2.5 lentelė)?

Jeigu  $N_{je} > \sum_{j=1}^n N_j: n$ , tai šio objekto  $a_j$  vertė  $x_{1j \text{ cycle } e}$  (2.5 lentelė) tol mažinama 1 vienetu kvadratiniam metrui (pavyzdžiui, 1 Euro/m<sup>2</sup>) ir su gauta sprendimų priėmimų matrica atliekami skaičiavimai pagal (1–6) formules, kol pasiekiamas tokia nelygybė  $N_{je} < \sum_{j=1}^n N_j: n$ . Tada paskutinė  $x_{1j \text{ cycle } e}$  reikšmė (kol dar  $N_{je} > \sum_{j=1}^n N_j: n$ ) prilyginama rinkos vertei:

$$x_{1j \text{ iv}} = x_{1j \text{ cycle } e}. \quad (2.24)$$

Jeigu  $N_{je} < \sum_{j=1}^n N_j: n$ , tai šio objekto  $a_j$  vertė  $x_{1j \text{ cycle } e}$  (2.5 lentelė) tol didinama 1 vienetu kvadratiniam metrui (pavyzdžiui, 1 Euro/m<sup>2</sup>) ir su gauta sprendimų priėmimų matrica atliekami skaičiavimai pagal (1–6) formules, kol pasiekiamas tokia nelygybė  $N_{je} > \sum_{j=1}^n N_j: n$ . Tada paskutinė  $x_{1j \text{ cycle } e}$  reikšmė (kol dar  $N_{je} < \sum_{j=1}^n N_j: n$ ) prilyginama rinkos vertei (žiūrėti (24) formulę).

7 etapas. Bet kurio rodiklio reikšmės  $x_{ij}$  optimizavimas. Norėdami optimizuoti bet kurio rodiklio reikšmę  $x_{ij}$ , sprendimų priėmimo matricą pertvarkome taip, kad rodiklio reikšmė  $x_{ij \text{ opt}}$ , kurią norime optimizuoti, būtų  $x_{11}$ , t. y.  $x_{ij \text{ opt}} = x_{11}$ . Tada, siekiant nustatyti, kokiai alternatyvos  $a_1$  optimizuotai reikšmei  $x_{11-R}$  esant, alternatyva  $a_1$  būtų vienodai konkurencinga rinkoje palyginti su kitomis lyginamomis alternatyvomis ( $a_2$ – $a_n$ ), kompleksiskai įvertinus jų visų teigiamas ir neigiamas savybes, naudojamos (2.18–2.24) formulės.

**2.5 lentelė.** Bet kurio rodiklio reikšmės  $x_{ij}$  optimizavimo sprendimų priėmimo matrica (Kaklauskas 2016)

**Table 2.5.** Grouped decision making matrix for the optimization of value  $x_{ij}$  for any criterion (Kaklauskas 2016)

Rodikliai, apibūdinan- tys alternatyvas	*	Reikšmin- gumas	Matavimo vnt.	Lyginamosios alternatyvos					
				$a_1$	$a_2$	...	$a_j$	...	$a_n$
$X_1$	$\tilde{z}_1$	$q_1$	$m_1$	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1j \text{ cycle } e}$	...	$x_{1n}$
$X_2$	$\tilde{z}_2$	$q_2$	$m_2$	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2j}$	...	$x_{2n}$
$X_3$	$\tilde{z}_3$	$q_3$	$m_3$	$x_{31}$	$x_{32}$	...	$x_{3j}$	...	$x_{3n}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$X_i$	$\tilde{z}_i$	$q_i$	$m_i$	$x_{i1}$	$x_{i2}$	...	$x_{ij \text{ cycle } e}$	...	$x_{in}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$X_m$	$\tilde{z}_m$	$q_m$	$m_m$	$x_{m1}$	$x_{m2}$	...	$x_{mj}$	...	$x_{mn}$
$N_{je}$				$N_{1e}$	$N_{2e}$	...	$N_{je}$	...	$N_{ne}$
Konceptinė informacija apie lyginamąsias alternatyvas (pavyzdžiui, tekstas, grafikai, video, virtuali/papildyta realybė)									

\* – Ženklas  $\tilde{z}_i$  (+ (-)) parodo, kad atitinkamai didesnė (mažesnė) rodiklio reikšmė labiau atitinka sveiko ir saugaus būsto makro, mezo ir mikro lygmens reikalavimus.

Koreguota optimizuota rodiklio reikšmė  $x_{ij \text{ cycle } e}$  bet kurio rodiklio reikšmės  $x_{ij}$  skaičiuojama pagal formules:

$$\begin{aligned} \text{Jeigu } N_{je} > \sum_{j=1}^n N_j: n \text{ ir } X_i \text{ yra } X_{i-}, \text{ tai } x_{ij \text{ cycle } e} &= x_{ij \text{ cycle } 0} \times (1 + e \times r), \\ e &= \overline{1, r}. \end{aligned} \quad (2.25)$$

$$\begin{aligned} \text{Jeigu } N_{je} > \sum_{j=1}^n N_j: n \text{ ir } X_i \text{ yra } X_{i+}, \text{ tai } x_{ij \text{ cycle } e} &= x_{ij \text{ cycle } 0} \times (1 - e \times r), \\ e &= \overline{1, r}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jeigu } N_{je} < \sum_{j=1}^n N_j: n \text{ ir } X_i \text{ yra } X_{i-}, \text{ tai } x_{ij \text{ cycle } e} &= x_{ij \text{ cycle } 0} \times (1 - e \times r), \\ e &= \overline{1, r}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jeigu } N_{je} < \sum_{j=1}^n N_j: n \text{ ir } X_i \text{ yra } X_{i+}, \text{ tai } x_{ij \text{ cycle } e} &= x_{ij \text{ cycle } 0} \times (1 + e \times r), \quad (2.26) \\ e &= \overline{1, r}. \end{aligned}$$

čia  $e$  – ciklų skaičius;  $r$  – dydis, kuriuo cikliniu būdu didinamas nagrinėjamo projekto rodiklis, kol bus patenkinta nelygybė (2.27). Priklausomai nuo reikiamo skaičiavimo tikslumo, sprendimų priėmėjas pats pasirenka  $r$  ir  $s$  dydžius.

Jeigu nagrinėjamo objekto  $a_x$  naudingumo laipsnis  $N_{je}$  yra didesnis už vidutinį lyginamų objektų naudingumo laipsnį (2.25 formulė), tai reiškia kad objektas  $a_j$  yra vidutiniškai naudingesnis už lyginamus objektus. Tam, kad nagrinėjamas objektas būtų vienodai konkurencingas rinkoje palyginus su kitomis lyginamosiomis alternatyvomis ( $a_2$ – $a_n$ ), reikia jo nagrinėjamo rodiklio reikšmę  $x_{ij \text{ cycle } e}$  mažinti per  $e$  ciklus dydžiu  $r$  tol, kol bus patenkinta sekanti nelygybė:

$$\left| N_{je} - \sum_{j=1}^n N_{je} : n \right| < s, \quad (2.27)$$

čia  $s$  – tikslumas (%), turi būti pasiektas skaičiuojant rodiklio reikšmę  $x_{ij \text{ cycle } e}$ . Pavyzdžiui, turint omenyje, jog  $s = 0,5$  %, aproksimacijos skaičius bus mažesnis kai  $s = 0,1$  %. Jeigu (2.27) nelygybė nėra patenkinta, tai reiškia, kad rodiklio reikšmės  $x_{ij \text{ cycle } e}$  skaičiavimai nėra pakankamai tikslūs, todėl reikia kartoti aproksimacijos ciklą. Skaičiavimai pagal (2.24–2.27) formules yra kartojami, kol tenkinama nelygybė (2.27).

Kai nelygybė (2.27) yra patenkinta, bet kokiam objekto rodiklio  $a_j$  optimizacinei vertei  $x_{ij \text{ cycle } e}$  apskaičiuoti naudojama formulė:

$$x_{ij \text{ opt value}} = x_{ij \text{ cycle } e}. \quad (2.28)$$

8 etapas. Kiekybinių rekomendacijų skaičiavimas. Kiekybinės rekomendacijos  $i_{ij}$  rodiklio  $x_{ij}$  parodo galimus rodiklio  $x_i$  reikšmės pagerinimus procentine išraiška, siekiant, kad rodiklis taptų lygus didžiausiai  $x_{i \max}$  rodiklio  $X_i$  reikšmei (2.6 lentelė). Skaičiavimams atlikti naudojama formulė:

$$i_{ij} = |x_{ij} - x_{i \max}| : x_{i \max} \times 100\%, \quad (2.29)$$

čia  $i_{ij}$  – kiekybinės  $x_{ij}$  rodiklio rekomendacijos, parodančios galimus rodiklio  $x_i$  reikšmės pagerinimus procentine išraiška, siekiant, kad rodiklis taptų lygus didžiausiai  $x_{i \max}$  rodiklio  $X_i$  reikšmei.

9 etapas. Kokybinių rekomendacijų skaičiavimas. Kokybinės rekomendacijos  $r_{ij}$  rodiklio  $x_{ij}$  parodo galimą rodiklio  $x_i$  naudingumo laipsnio  $N_j$  pagerinimą procentine išraiška, kai  $x_{ij} = x_{i \max}$ . Kitaip tariant,  $r_{ij}$  parodo kiek procentų galima padidinti alternatyvos  $a_j$  naudingumo laipsnį  $N_j$ , jeigu rodiklio reikšmė  $x_{ij}$  gali būti lygi geriausiai rodiklio  $X_i$  reikšmei  $x_{i \max}$ . Skaičiavimams naudojama formulė:

$$r_{ij} = (q_i \times x_{i \max}) : (S_{-j} + S_{+j}) \times 100\%. \quad (2.30)$$

Rodiklio  $x_{ij}$  kiekybinės rekomendacijos  $i_{ij}$  ir kokybinės rekomendacijos  $r_{ij}$  pateiktos matricos formoje 2.6 lentelėje.

**2.6 lentelė.** Kokybinės ir kiekybinės rekomendacijos, pateiktos matricos forma (Kaklauskas 2016)

**Table 2.6.** Quantitative recommendations submitted in a matrix form (Kaklauskas 2016)

Rodikliai, apibūdinantys alternatyvas	*	Reikšmin- gumas	Matavimo vnt.	Lyginamosios alternatyvos					
				$a_1$	$a_2$	...	$a_j$	...	$a_n$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$X_1$	$z_1$	$q_1$	$m_1$	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1j}$	...	$x_{1n}$
Galimas rodiklio reikšmės $x_{1j}$ pagerinimai, kai rodiklis taps lygus didžiausiai $x_{1 \max}$ rodiklio $X_1$ reikšmei.			%	$i_{11}$	$i_{12}$	...	$i_{1j}$	...	$i_{1n}$

2.6 lentelės pabaiga

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Galimas alternatyvos $a_j$ naudingumo laipsnio $N_j$ pagerinimas, kai $x_{1j} = x_{1 \max}$	$\tilde{z}_2$	$q_2$	%	$r_{11}$	$r_{12}$	...	$r_{1j}$	...	$r_{1n}$
$X_2$			$m_2$	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2j}$	...	$x_{2n}$
Galimas rodiklio reikšmės $x_{2j}$ pagerinimai, kai rodiklis taps lygus didžiausiai $x_{2 \max}$ rodiklio $X_2$ reikšmei.			%	$i_{21}$	$i_{22}$	...	$i_{2j}$	...	$i_{2n}$
Galimas alternatyvos $a_j$ naudingumo laipsnio $N_j$ pagerinimas, kai $x_{2j} = x_{2 \max}$	$\tilde{z}_i$	$q_i$	%	$r_{21}$	$r_{22}$	...	$r_{2j}$	...	$r_{2n}$
...			...	...	...	...	...	...	...
$X_i$			$m_i$	$x_{i1}$	$x_{i2}$	...	$x_{ij}$	...	$x_{in}$
Galimas rodiklio reikšmės $x_{ij}$ pagerinimai, kai rodiklis taps lygus didžiausiai $x_{i \max}$ rodiklio $X_i$ reikšmei.	$\tilde{z}_m$	$q_m$	%	$i_{i1}$	$i_{i2}$	...	$i_{ij}$	...	$i_{in}$
Galimas alternatyvos $a_j$ naudingumo laipsnio $N_j$ pagerinimas, kai $x_{ij} = x_{i \max}$			%	$r_{i1}$	$r_{i2}$	...	$r_{ij}$	...	$r_{in}$
...			...	...	...	...	...	...	...
$X_m$	$\tilde{z}_m$	$q_m$	$m_m$	$x_{m1}$	$x_{m2}$	...	$x_{mj}$	...	$x_{mn}$
Galimas rodiklio reikšmės $x_{mj}$ pagerinimai, kai rodiklis taps lygus didžiausiai $x_{m \max}$ rodiklio $X_m$ reikšmei.			%	$i_{m1}$	$i_{m2}$	...	$i_{mj}$	...	$i_{mn}$
Galimas alternatyvos $a_j$ naudingumo laipsnio $N_j$ pagerinimas, kai $x_{mj} = x_{m \max}$			%	$r_{m1}$	$r_{m2}$	...	$r_{mj}$	...	$r_{mn}$

10 etapas. Šiame etape atliekami aproksimacijos  $e$  ciklo skaičiavimai, siekiant nustatyti, kokia turi būti rodiklio  $x_{ij \text{ cycle } e}$  reikšmė, kad šis objektas ( $a_j$ ) būtų geriausias pagal lyginamas alternatyvas ( $a_1 - a_n$ ) (lentelė 2.5). Rodiklio  $x_{ij \text{ cycle } e}$  reikšmė mažinama dydžiu  $e$  tol, kol nagrinėjamo objekto ( $a_j$ ) naudingumo laipsnis  $N_{j_e}$  yra lygus 100 %.

### 2.4.3. SAW, TOPSIS, EDAS metodai

SAW metodas yra vienas iš paprastesnių ir plačiausiai taikomų metodų. Metodą pasiūlė MacCrimmon (MacCrimmon 1968).

Įvesties duomenys – sprendimų matrica ir reikšmingumų dydžiai. Sprendimų matrica negali turėti neskaitinių reikšmių. SAW metodo žingsniai:

1. Sprendimų matrica normalizuojama.
2. Normalizuotosios matricos to paties varianto kiekvienas narys dauginamas iš jo reikšmingumo ir sudedamas su kitais alternatyvos (eilutės) nariais. Gauta suma dalijama iš reikšmingumų sumos (Ustinovičius, Zavadskas 2004).

Pradiniai duomenys, sprendžiant šiuo metodu, yra sprendimo matrica ir kiekvieno efektyvumo rodiklio reikšmingumai  $\bar{q} = \{\bar{q}_1, \bar{q}_2, \dots, \bar{q}_n\}$ , kurie gali tenkinti sąlygą:

$$\sum_{j=1}^n \bar{q}_j = 1. \quad (2.31)$$

Naudos rodikliai normalizuojami pagal formulę:

$$\overline{x_{ij}} = \frac{x_{ij}}{x_j^{\max}}. \quad (2.32)$$

Kaštų rodikliai normalizuojami pagal formulę:

$$\overline{x_{ij}} = \frac{x_j^{\min}}{x_{ij}}. \quad (2.33)$$

Nustatant varianto racionalumą, atitinkami normalizuotos matricos nariai dauginami iš reikšmingumų ir sumuojami. Racionalaus varianto sandaugų suma bus maksimali:

$$A = \{A_i | \max_i \sum_{j=1}^n \overline{q_j} \overline{x_{ij}} / \sum_{j=1}^n \overline{q_j}\}. \quad (2.34)$$

Hwang, Yoon (1981) sukūrė variantų prioritetiškumo nustatymo metodiką, pagrįstą koncepcija, kad optimali alternatyva turi mažiausią atstumą nuo „teigiamo idealaus“ sprendimo ir didžiausią atstumą nuo „neigiamai idealaus“ sprendimo. Šis metodas vadinamas variantų racionalumo nustatymu artumo idealiam taškui metodu (TOPSIS) (Ustinovičius, Zavadskas 2004).

Taikant TOPSIS metodą, sprendimų matrica normalizuojama atliekant vektorinę normalizaciją:

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n r_{ij}^2}}, (i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m), \quad (2.35)$$

čia  $\tilde{r}_{ij}$  –  $i$ -osios alternatyvos,  $j$ -ojo efektyvumo rodiklio reikšmė.

Teigiamas idealusis sprendinys  $V^*$  ir neigiamas idealusis sprendinys  $V$  yra nustatomi pagal formules:

$$V^* = \{V_1^*, V_2^*, \dots, V_m^*\} = \{(\max_i \omega_j \tilde{r}_{ij} / j \in J_1), (\min_i \omega_j \tilde{r}_{ij} / j \in J_2)\}, \quad (2.36)$$

$$V^- = \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_m^-\} = \{((\min_i \omega_j \tilde{r}_{ij} / j \in J_1), ((\max_i \omega_j \tilde{r}_{ij} / j \in J_2)\}, \quad (2.37)$$

čia  $J_1$  – naudos rodikliai;  $J_2$  – kaštų rodikliai.

Atstumas tarp lyginamojo  $i$ -tojo ir teigiamo idealaus  $D_i^*$  varianto nustatomas pagal formulę:

$$D_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^m (\omega_j \tilde{r}_{ij} - V_j^*)^2}. \quad (2.38)$$

O tarp  $i$ -tojo ir neigiamo idealaus  $D_i^-$  pagal formulę:

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (\omega_j \tilde{r}_{ij} - V_j^-)^2}. \quad (2.39)$$

Nustatomas kiekvieno  $i$ -tojo varianto santykinis atstumas iki idealaus:

$$C_i^* = \frac{D_i^-}{D_i^* + D_i^-} \quad (i=1, \dots, n), \quad (2.40)$$

( $0 \leq C_i^* \leq 1$ ). Kuo  $C_i^*$  reikšmė artimesnė vienetui, tuo  $i$ -tasis variantas artimesnis  $D_i^*$ , t. y. racionalus variantas bus tas, kurio  $C_i^*$  reikšmė yra didesnė.

EDAS metodas (vertinimas remiasi atstumu nuo vidutinio sprendimo) yra panašus į TOPSIS metodą. Pagal TOPSIS metodą, optimali alternatyva turi mažiausią atstumą nuo idealaus sprendimo ir didžiausią atstumą nuo „neigiamai idealaus“ sprendimo. Pagal EDAS metodą, geriausia alternatyva susijusi su atstumu nuo vidutinio sprendimo (Keshavarz Ghorabae *et al.* 2015). Pagal šį metodą geriausia alternatyva vertinama dviem būdais. Pirmasis būdas, kai skaičiuojamas „teigiamas“ atstumas (angl. *positive distance* (PD)) nuo vidutinio sprendimo. Antruoju atveju skaičiuojamas „neigiamas“ atstumas (angl. *negative distance* (ND)) nuo vidutinio sprendimo. Alternatyvų vertinimas yra atliekamas pagal didžiausią PD reikšmę ir mažiausią ND reikšmę. EDAS metodo skaičiavimas pateiktas 1–6 etapuose.

1 etapas. Sprendimo matricos sudarymas  $R$ :

$$R = \|r_{ij}\|, \quad (2.41)$$

čia  $r_{ij}$  yra eksperimentinės rodiklių reikšmės ir rodiklių reikšmingumų vektorius:

$$\Omega = (\omega_j). \quad (2.42)$$

Kai  $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m; m$  – rodiklių skaičius,  $n$  – palyginamų variantų skaičius.

2 etapas. Apskaičiuojamas visų rodiklių vidurkis:

$$AV_j = \sum_{i=1}^n r_{ij} / n. \quad (2.43)$$

3 etapas. Apskaičiuojamas „teigiamas“ atstumas (PD) nuo vidurkio ir „neigiamas“ atstumas nuo vidurkio (ND):

$$PD_{ij} = \frac{\max(0, (r_{ij} - AV_j))}{AV_j}; \quad (2.44)$$

$$ND_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - r_{ij}))}{AV_j}, \quad (2.45)$$

kai  $j$ -asis rodiklis yra maksimizuojamas.

$$PD_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - r_{ij}))}{AV_j}; \quad (2.46)$$



$$ND_{ij} = \frac{\max(0, (r_{ij} - AV_j))}{AV_j}, \quad (2.47)$$

kai  $j$ -asis rodiklis yra minimizuojamas, čia  $PD_{ij}$  ir  $ND_{ij}$  reiškia teigiamą ir neigiamą  $i$ -osios alternatyvos atstumą nuo vidutinio sprendimo  $j$ -ojo rodiklio atžvilgiu.

4 etapas. Visų alternatyvų PD ir ND reikšmingumų sumos nustatymas:

$$SP_i = \sum_{j=1}^m \omega_j PD_{ij}; \quad (2.48)$$

$$SN_i = \sum_{j=1}^m \omega_j ND_{ij}, \quad (2.49)$$

čia  $\omega_j$  yra  $j$ -ojo rodiklio reikšmingumas.

5 etapas. Visų alternatyvų SP ir SN reikšmių normalizavimas:

$$NSP_i = \frac{SP_i}{\max_i SP_i}, \quad (2.50)$$

$$NSN_i = 1 - \frac{SN_i}{\max_i SN_i}. \quad (2.51)$$

6 etapas. Visų alternatyvų vertinimo balo (angl. *appraisal score* (AS)) skaičiavimas.

$$AS_i = \frac{1}{2}(NSP_i + NSN_i), \quad (2.52)$$

čia  $0 \leq AS_i \leq 1$ .

## 2.5. Antrojo skyriaus išvados

1. Sudarytos sveiko ir saugaus būsto užstatytoje aplinkoje rodiklių sistemos leidžia įvertinti nagrinėjamą objektą makro, mezo ir mikro lygmenyse. Makro lygmens vertinimui siūloma taikyti Numbeo (2017) gyvenimo kokybės indeksą. Atsižvelgiant į darnios plėtros principus, mezo lygmens vertinimui sudaryta 14 rodiklių sistema. Mikro lygmenyje siūloma taikyti Anglijos sveiko ir saugaus būsto vertinimo standartą.
2. MCDM metodo parinkimas priklauso nuo nagrinėjamo uždavinio problemos, tikslo, turimos informacijos bei rezultatų gavimo tipo. Kiekvienas MCDM metodas pasižymi tam tikrais privalumais bei

trūkumais, todėl sudėtingus uždavinius tikslinga spręsti skirtingais MCDM metodais, kurie visapusiškai analizuotų iškeltą problemą.

3. Sprendžiant sudėtingus sveiko ir saugaus būsto užstatytoje aplinkoje uždavinius ir siekiant gauti pagrįstą sprendimą, siūloma:
  - apskaičiuvus objektyvius reikšmingumus pagal entropiją, CILOS ir IDOCRIW metodus bei subjektyvius reikšmingumus pagal ekspertinį vertinimą taikyti apibendrintus reikšmingumus, kurie didina skaičiavimo patikimumą.
  - taikyti skirtingus MCDM metodus uždaviniui spręsti. Makro lygmenyje integruoti COPRAS ir INVAR metodus, mezo lygmenyje – COPRAS, SAW, TOPSIS, EDAS metodus, o mikro lygmenyje – COPRAS metodą.
4. Sveiko ir saugaus būsto daugiakriterio vertinimo sprendimų paramos ir rekomendacijų sistemos kūrimui siūloma taikyti COPRAS metodą dėl jo gebėjimo įvertinti kiekybinių ir kokybinių rodiklių visumą, derinant skirtingus suinteresuotų grupių tikslus.

---

## **Sveiko ir saugaus būsto makro, mezo ir mikro lygmenyse daugiakriteris vertinimas ir sukurta sprendimų paramos ir rekomendacijų sistema**

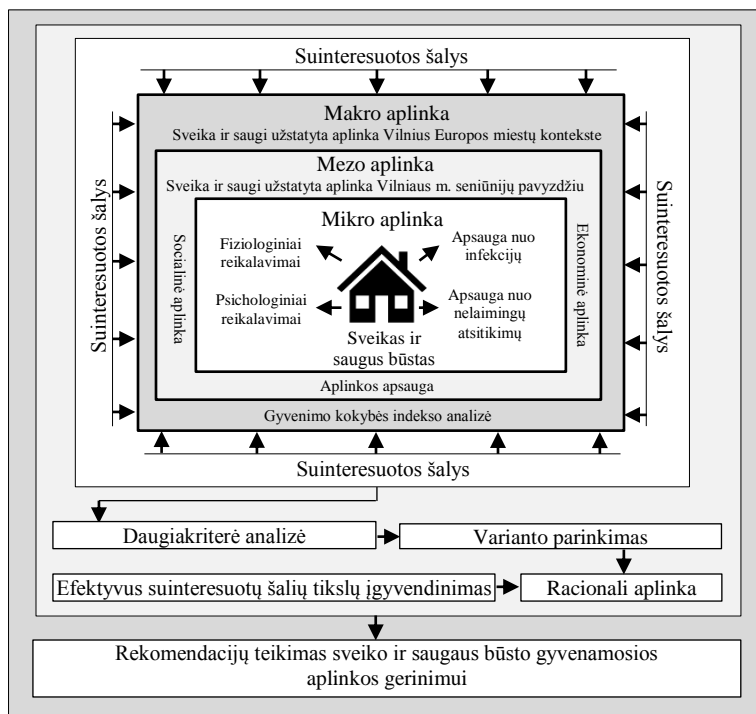
Trečiame skyriuje sudarytas sveiko ir saugaus būsto makro, mezo ir mikro lygmenyse koncepcinis vertinimo modelis. Atlikta daugiakriterė analizė pagal antroje skyriuje pateiktus metodų aprašymus. Analizė atliekama makro (analizuojamas Vilniaus miestas Europos miestų kontekste), mezo (analizuojamos Vilniaus miesto seniūnijos) ir mikro lygmenyse (analizuojamas sveikas ir saugus būstas). Sukurta sveiko ir saugaus būsto daugiakriterė vertinimo sprendimų paramos ir rekomendacijų sistema, skirta įvertinti būsto sveikumo klasę (daugiakriterio vertinimo sprendimų paramos posistemis) ir teikti rekomendacijas (rekomendacijų posistemis), kaip pagerinti gyvenimo sąlygas pagal keturias pagrindines rizikos grupes sveikatai ir saugumui: fiziologiniai reikalavimai, psichologiniai reikalavimai, apsauga nuo infekcijų, apsauga nuo nelaimingų atsitikimų.

Skyriaus tematika paskelbti penki straipsniai (Kaklauskas *et al.* 2013 a,b; Zavadskas *et al.* 2017b; Kaklauskas *et al.* 2015; Čerkauskas, Jackutė 2014) ir perskaityti 2 pranešimai konferencijose. Kartu su bendraautoriais disertantė dalyvavo Nacionalinio sveiko būsto sertifikavimo modelio rengime.

### 3.1. Sveiko ir saugaus būsto koncepcinis vertinimo modelis

Pagrindiniai sveiko ir saugaus būsto analizės modelio tikslai yra šie:

- tobulinti gyvenamosios aplinkos sveikatos rizikos veiksnių valdymą;
- parengti gyvenamosios aplinkos sveikatos rizikos veiksnių valdymo tobulinimo priemones.



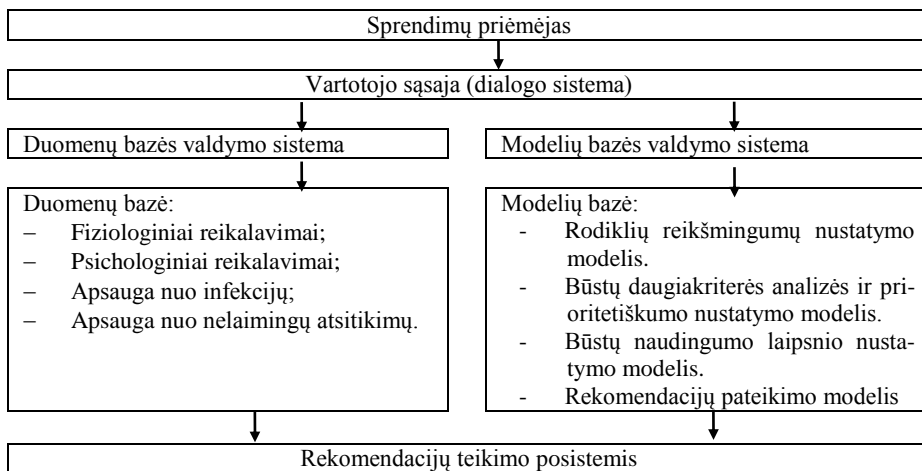
**3.1 pav.** Sveiko ir saugaus būsto koncepcinis modelis (sudarytas autorės)  
**Fig. 3.1.** Conceptual model for healthy and safe homes (developed by author)

Siekiant įgyvendinti šiuos tikslus buvo sukurtas sveiko ir saugaus būsto koncepcinis modelis, kompleksiškai analizuojantis sveiko ir saugaus būsto, jame

dalyvaujančių ir savo tikslus norinčių įgyvendinti suinteresuotų grupių bei išorinės aplinkos (makro, mezo ir mikro aplinkos), kaip visumos, daugiakriterę analizę ir efektyviausių variantų nustatymą (3.1 pav.). Šis modelis toliau trumpai bus panagrinėjamas.

Sveiko ir saugaus būsto efektyvumas priklauso nuo jo atskirų procesų ir sprendimų bei nuo išorinės makro, mezo ir mikro lygmens aplinkos ir visų suinteresuotų grupių tikslų pasiekimo lygio. Kaip matome, tyrimų objektas, sudarytas iš kelių sudėtinių dalių, yra gana sudėtingas. Sveiko ir saugaus būsto vertinimui buvo sukurtas sveiko ir saugaus būsto kompleksinės analizės modelis. Remdamiesi šiuo modeliu specialistai, projektuojantys ir įgyvendinantys sveiko ir saugaus būsto gyvavimo procesą, gali suprojektuoti nemažai alternatyvių variantų, juos įvertinti ir nustatyti efektyviausią.

Sveikas ir saugus būstas yra analizuojamas mikro lygmenyje. Jo analizei buvo pasirinktas Anglijos sveiko ir saugaus būsto standartas, kuris nagrinėja 29 būsto ir jo aplinkos rodiklių grupes, suskirstytas į keturias kategorijas: fiziologiniai reikalavimai, psichologiniai reikalavimai, apsauga nuo infekcijų ir apsauga nuo nelaimingų atsitikimų. Sveiko ir saugaus būsto daugiakriterės analizės sistemos sudedamosios dalys pateiktos 3.2 paveiksle.



**3.2 pav.** Sveiko ir saugaus būsto daugiakriterės analizės sistemos sudedamosios dalys (sudarytas autorės)

**Fig. 3.2.** Healthy and safe home multi-criteria analysis system components (developed by author)

Mezo aplinkos poveikis analizuojamas Vilniaus miesto seniūnijų pavyzdžiu remiantis pagrindiniais darnios plėtros principais. Makro aplinkos analizei pasi-

rinktas gyvenimo kokybės indeksas (Numbeo 2016). Lyginamas Vilniaus miestas Europos miestų kontekste.

## **3.2. Vilniaus miesto vertinimas Europos miestų kontekste: makro lygmuo**

### **3.2.1. Vilniaus ir kitų Europos miestų gyvenimo kokybės 2012–2016 m. palyginimas**

Numbeo (2017) sukūrė QOL, kuris vertina bendrą gyvenimo kokybę taikant empirines formules (žiūrėti nuorodą: [https://www.numbeo.com/quality-of-life/indices\\_explained.jsp](https://www.numbeo.com/quality-of-life/indices_explained.jsp)). Gyvenimo kokybės indeksas vertina šalies perkamąją galią, užterštumą, būsto kainos ir pajamų santykį, pragyvenimo lygį, saugumą, sveikatos priežiūrą, reguliaraus eismo laiko indeksą ir klimato kaitą (Numbeo 2017). Šios analizės tikslas – įvertinti Vilniaus ir kitų Europos miestų QOL pagal Numbeo (2015, 2016, 2017) ir COPRAS (Zavadskas *et al.* 1994; Kaklauskas 1999) metodus, taikant tuos pačius duomenis ir rodiklių reikšmingumus. Šiam tikslui pasiekti pirmiausia sudarytos pradinė duomenų matricos nuo 2012 m. iki 2016 m. vidurio. Taip pat svarbu pažymėti, jog nuo 2015 m. lapkričio mėnesio Numbeo įtraukė klimato kaitos rodiklį, kuris nebuvo prieš tai vertinamas.

3.1 lentelėje pateiktas Vilniaus miesto QOL pagal 2013–2016 m. vidurio duomenis (2012 m. Vilniaus miestas nebuvo vertinamas). Nors 2013–2015 m. QOL sumažėjo 9,18 %, tačiau 2016 m. šis indeksas pakilo net 16 % (2015 m. QOL buvo 120,33, 2016 m. – 139,63). QOL didėjimui įtakos galėjo turėti papildomai įtrauktas klimato kaitos rodiklis. Lyginant Vilniaus QOL su geriausiai atitinkamais metais įvertintais miestais, galima pastebėti, jos Vilniaus QOL skirtumas nuo 2013 m. mažėja. 2013 m. Vilniaus QOL buvo 43,3 % mažesnis už Ciuricho QOL, o 2016 m. indeksas mažesnis 31,3 % už Frankfurto QOL. Lyginant Vilniaus QOL su mažiausią indeksą atitinkamais metais turinčiais miestais, galima pastebėti didelį atotrūkį nuo Maskvos ir Kijevo.

QOL prioritetiškumo/reitingavimo rezultatai pagal Numbeo (2017) ir COPRAS metodus pateikti C priede. Analizuojamas gautas rangavimo skirtumas taikant skirtingus vertinimo metodus. Pagal atliktus skaičiavimus, 2013 ir 2015 m. Ciurichas vertinamas kaip geriausias Europos miestas pagal Numbeo (2017) metodo skaičiavimus. Tačiau pagal COPRAS metodą, Ciurichas užima 4 poziciją 2013 m. ir 3 poziciją 2015 m. (C priedas, 2, 4, 6 lentelės). Lyginant abiejų metodų rezultatus, 2013 m. reitingas yra mažesnis 3 pozicijomis, o 2015 m. reitingas mažesnis 2 pozicijomis. Analizuojant Berlyno vertinimą pagal Numbeo (2017) ir metodo COPRAS metodą, miesto reitingas sutapo 2013 ir 2014 m. (C priede, 2, 3, 6 lentelės). 2013 m. Berlynas užėmė 2 vietą reitinge, o

2014 m. – 6 vietą. Rezultatai per vieną poziciją sumažėjo lyginant 2012 ir 2015 m. 2012 m. Berlynas užėmė 1 vietą pagal Numbeo (2017) ir 2 vietą pagal COPRAS metodą. 2015 m. šis miestas užėmė 10 vietą pagal Numbeo (2017) ir 11 vietą pagal COPRAS metodą.

**3.1 lentelė.** Vilniaus miesto gyvenimo kokybės indekso palyginimas pagal Numbeo (2017) (2013–2016 m. vidurys) (sudaryta autorės)

**Table 3.1.** Vilnius city quality of life index comparison by Numbeo (2017) (2013–2016 mid year) (developed by author)

Metai	Vilniaus miesto gyvenimo kokybės indeksas	Didžiausią indeksą atitinkamais metais turintis miestas		Mažiausią indeksą atitinkamais metais turintis miestas	
		Gyvenimo kokybės indeksas	Miestas	Gyvenimo kokybės indeksas	Miestas
2013 m.	132,5	233,72	Ciurichas	–4,04	Maskva
2014 m.	130,05	214,97	Frankfurtas	–1,12	Maskva
2015 m.	120,33	218,48	Ciurichas	4,30	Maskva
2016 m. vidurys	139,63	203,32	Edinburgas	83,15	Kijevas

3.2 lentelėje pateikiama vertinimo rezultatų pagal Numbeo (2017) ir COPRAS metodus suvestinė. Pagal 2012 m. duomenis 15,4 % COPRAS metodu apskaičiuotų vertinimų sutapo su Numbeo vertinimu (Bernas, Milanai, Bukareštas, Maskva), skirtumas per 1–5 pozicijas sudarė 84,6 % (pavyzdžiui, Berlynas, Ciurichas, Trondheimas, Stokholmas, Kopenhaga ir kt.). 2013 m. COPRAS metodu atliktas vertinimas sutapo 12,5 % (Berlynas, Bratislava, Varšuva, Banja Luka, Maskva), skirtumas per 1–5 pozicijas sudarė 80 % (pavyzdžiui, Miunchenas, Talinas, Briuselis, Vilnius, Praha ir kt.), skirtumas per 6–10 pozicijų sudarė 7,5 % (Hamburgas, Belfastas, Budapeštas). 2014 m. vertinimas sutapo 17,95 % (Frankfurtas, Kopenhaga, Berlynas, Barselona, Milanai, Bukareštas, Maskva), skirtumas per 1–5 pozicijas sudarė 74,36 % (pavyzdžiui, Trondheimas, Stokholmas, Viena, Oslas, Zagrebas ir kt.), skirtumas per 6–10 pozicijų – 7,69 % (Vilnius, Praha, Mančesteris). 2015 m. vertinimas sutapo 12,07 % (Frankfurtas, Liubliana, Lisabona, Barselona, Ryga, Krokuva, Maskva), 1–5 pozicijų skirtumas sudarė 62,07 % (pavyzdžiui, Edinburgas, Ženeva, Helsinkis, Amsterdamas, Valensija ir kt.), 6–10 pozicijų skirtumas – 20,69 % (pavyzdžiui, Triestas, Glazgas, Bristolis, Brasovas ir kt.), daugiau nei 10 pozicijų skirtumas sudarė 5,17 % (Miunchenas, Viena, Dublinas). 2015 m. lapkričio mėn. Numbeo (2017) QOL formulė buvo koreguota. 2016 m. duomenys buvo skaičiuojami pagal atnaujintą formulę. Lyginant 2016 m. vidurio duomenis, fiksuojamas didžiausias Numbeo QOL sutapimas su COPRAS metodu. 2016 m. vidurio identiškas vertinimas sudarė 20,41 % nuo visų vertinamų Europos miestų (pavyzdžiui, Edinburgas, Že-

neva, Bratislava, Zagrebas, Vroclavas ir kt.), skirtumas per 1–5 pozicijas sudarė 65,31 % (pavyzdžiui, Timišoara, Cluj Napoca, Dublinas, Paryžius, Skopjė ir kt.), skirtumas per 6–10 pozicijų – 12,24 % (Reikjavikas, Lisabona, Madridas, Praha, Salonikai, Oslas), daugiau nei 10 pozicijų skirtumas sudarė 2,04 % (Stokholmas).

**3.2 lentelė.** Europos miestų gyvenimo kokybės indekso prioritetų vertinimo rezultatų pagal Numbeo ir COPRAS metodus atitikimų suvestinė (sudaryta autorės)

**Table 3.2.** Consolidation of congruities in quality of life priorities among European cities according to the Numbeo and COPRAS methods (developed by author)

Skirtumas	Metai				
	2012	2013	2014	2015	2016 m. vidurys
Sutapo	15,4 %	12,50 %	17,95 %	12,07 %	20,41 %
Skirtumas per 1–5 pozicijas	84,6 %	80,00 %	74,36 %	62,07 %	65,31 %
Skirtumas per 6–10 pozicijas	–	7,50 %	7,69 %	20,69 %	12,24 %
Skirtumas per daugiau nei 10 pozicijų	–	–	–	5,17 %	2,04 %

Numbeo (2017) ir COPRAS vertinimo metodika taip pat buvo publikuojama Kaklauskas et al. (2018) straipsnyje. Tačiau jame papildomai atlikta jautrumo analizė, kuri parodė, jog jautrumo kriterijus buvo tarp 80–90 %, o tai rodo gerą metodų rezultatų sutapimą. Taigi, galima daryti išvadą, kad COPRAS metodas tinkamas gyvenimo kokybės indeksui apskaičiuoti.

### 3.2.2. Rekomendacijos, siekiant pagerinti gyvenimo kokybės rodiklius

Remiantis 29 (8 INVAR metodo etapas) ir 30 (9 INVAR metodo etapas) formulėmis galima apskaičiuoti ir pateikti skaitmenines rekomendacijas, kaip pagerinti gyvenimo kokybės rodiklius. Rekomendacijos pateikiamos matricioje (3.3 lentelė). Kaip pavyzdys gali būti analizuojamas 2015 m. užterštumo indeksas Vilniaus mieste. Mokslinė praktika rodo, kad egzistuoja stiprus ryšys tarp gyvenimo kokybės ir užterštumo. Pavyzdžiui, Darčın (2014) studijoje ryšys tarp oro kokybės ir gyvenimo kokybės buvo analizuojamas remiantis 27 šalių duomenimis, atliekant kanoninę koreliacinę analizę. Nustatyta stipri tiesioginė priklausomybė tarp oro kokybės ir gyvenimo kokybės (Darčın 2014). Sommar *et al.* (2014) tikslas buvo nustatyti eismo užterštumo poveikį (analizuojamos NO<sub>2</sub> ir NO<sub>x</sub> dalelės) gyvenimo kokybei, sergantiems astma ir lėtiniu rinosinusitu. Nustatyta, jog eismo užterštumas turi poveikį astmos ir lėtinio rinosinusito progresavimui, o tai turi įtakos žmogaus gyvenimo kokybei (Sommar *et al.* 2014).



**3.3 lentelė.** Skaitmeninių rekomendacijų matricos fragmentas, siekiant pagerinti gyvenimo kokybės rodiklius (<http://iti.vgtu.lomonosov/simpletable.aspx?systemid=760>). Duomenys skaičiavimams: [https://www.numbeo.com/quality-of-life/region\\_rankings.jsp?title=2015&region=150](https://www.numbeo.com/quality-of-life/region_rankings.jsp?title=2015&region=150) (sudaryta autorės)

**Table 3.3.** Digital recommendations (a fragment) submitted in matrix form for improving specific quality of life indicators (developed by author)

		Palyginimo alternatyvos															Kiekybinė ir kokybinė informacija	
		Galimos pagerinti analizuojama kriterijų % įtakojamas pirmauo padidėjusio kriterijaus vertės																
Kriterijai apibūdinantys alternatyvas	Matavimo vienetas	Kriterijaus svoris (svertinis koeficientas)	Čiurichas, Šveicarija	Frankfurtas, Vokietija	Munchenas, Vokietija	Edinburgas, Didžioji Britanija	Trondhelmas, Norvegija	Zeneva, Šveicarija	Viena, Austrija	Kopenhaga, Danija	Stokholmas, Švedija	Berlynas, Vokietija	Bernas, Čekija	Vilnius, Lietuva	Salonikai, Graikija			
Perkamosios galios indeksas	+ Indeksas	1	133,91 (4,21%) (0,7079%)	139,55 (21,87%) (0%)	99,64 (40,05%) (6,7318%)	96,34 (44,85%) (7,5381%)	93,45 (49,33%) (8,291%)	130,21 (7,17%) (1,2056%)	100,22 (39,24%) (6,5956%)	96,68 (44,34%) (7,4525%)	105,62 (32,12%) (5,3991%)	97,08 (43,75%) (7,3525%)	64,32 (116,96%) (19,6575%)	46,95 (197,23%) (33,1481%)	50,93 (174%) (29,2443%)			
			80,34 (6,25%) (0,7876%)	70,04 (21,87%) (0%)	85,36 (0%)	71,96 (18,02%) (2,3472%)	81,69 (4,49%) (0,5663%)	62,15 (37,35%) (4,7074%)	69,48 (22,86%) (2,8809%)	73,2 (16,61%) (2,094%)	54,02 (58,02%) (7,3129%)	67,45 (26,55%) (3,347%)	67,55 (26,37%) (3,3234%)	70,82 (20,53%) (2,5879%)	67,75 (25,99%) (3,2764%)			
Saugumo indeksas	+ Indeksas	0,75	71,35 (28,76%) (2,4168%)	63,1 (45,59%) (3,8315%)	90,59 (1,41%) (0,1187%)	68,19 (34,73%) (2,9182%)	86,24 (6,53%) (0,5486%)	60 (37,35%) (4,4336%)	80,79 (13,71%) (1,1525%)	74,49 (23,33%) (1,9607%)	69,44 (32,3%) (2,7144%)	75 (22,49%) (1,8902%)	62,5 (46,99%) (3,9489%)	70,19 (30,89%) (2,5956%)	77,07 (19,2%) (1,6137%)			
			141,06 (75,27%) (2,5299%)	83,53 (58,23%) (1,9573%)	84,16 (59,54%) (1,9678%)	91,74 (61,97%) (2,083%)	119,93 (70,91%) (2,3835%)	145,18 (75,87%) (2,5535%)	77,02 (40,7%) (1,3377%)	105,72 (57,07%) (2,252%)	89,15 (60,86%) (1,7918%)	74,72 (35,31%) (1,1835%)	49,71 (29,61%) (1,0021%)	53,85 (35,21%) (1,1835%)	66,82 (47,63%) (1,601%)			
Pragyvenimo lygio indeksas	- Indeksas	0,2	8,07 (38,9%) (1,4121%)	13,09 (15,8%) (5,3105%)	13,09 (62,95%) (1,4121%)	5,82 (13,1%) (0,4604%)	7,85 (36,6%) (12,3033%)	10,13 (52,12%) (17,5201%)	13,3 (63,53%) (21,3559%)	6,78 (24,7%) (9,5684%)	11,88 (58,16%) (19,8908%)	7,49 (35,25%) (11,8477%)	11,18 (56,62%) (19,0316%)	13,41 (63,83%) (21,4565%)	9,98 (51,4%) (17,2783%)			
			26,44 (35,7%) (3,0003%)	27,17 (37,43%) (3,1455%)	24,5 (30,61%) (2,5725%)	21,43 (20,67%) (1,7371%)	19,14 (11,19%) (0,9396%)	17,6 (3,41%) (0,2865%)	24,86 (31,62%) (2,6569%)	30 (43,33%) (3,6415%)	35,56 (52,19%) (5,9057%)	42 (59,52%) (9,002%)	30 (43,33%) (5,6415%)	31,33 (45,74%) (3,8456%)	17 (0%) (0%)			
Būsto kainos ir pajamų santykis	- Santykis	2	18,79 (34,11%) (5,7344%)	35,85 (65,47%) (11,0029%)	21,82 (43,26%) (7,2711%)	14,01 (11,63%) (1,9554%)	21,8 (43,21%) (7,2624%)	23,81 (48,01%) (8,0881%)	25,02 (50,52%) (8,4907%)	28,82 (57,04%) (9,5872%)	12,38 (0%) (0%)	28,61 (56,73%) (9,5342%)	41,05 (69,84%) (11,7381%)	26,57 (53,41%) (8,9758%)	44,02 (71,88%) (12,0801%)			

Simbolis „+/-“ parodo, kad didesnę (mažesnę) kriterijaus reikšmę atitinka didesni (mažesni) ranginėjama vartojuli (sintetuosuotoms grupėms)

\*. Simbolis „+(-)“ parodo, kad didesnę (mažesnę) kriterijaus reikšmę atitinka didesni (suaesuresuotoms grupėms)

Remiantis 3.3 lentelės duomenimis, 2015 m. mažiausiai užterštas miestas buvo Stokholmas ( $a_9$ ) (užterštumo indeksas  $x_{79} = 12,38$ ). Siekiant, kad Vilniaus miesto ( $a_{26}$ ) užterštumo lygis (užterštumo indeksas  $x_{7\ 26} = 26,57$ ) sumažėtų ir pasiektų Stokholmo lygį, užterštumą Vilniuje, taikant įvairias priemones, reikėtų sumažinti 53,41 % ( $i_{7\ 26} = 53,41$  %, šis dydis apskaičiuojamas remiantis 2.29 formule, 8 etapas) (3.3 lentelė) ir šiuo atveju gyvenimo kokybė Vilniuje padidėtų 8,9758 % ( $r_{7\ 26} = 8,9758$  %, šis dydis apskaičiuojamas remiantis 2.30 formule, 9 etapas) (3.3 lentelė). Analogiškai būtų galima analizuoti ir kitų miestų užterštumo indeksą ir jo įtaką gyvenimo kokybei.

### 3.2.3. Nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio rodiklio reikšmės optimizavimas pagal INVAR metodą

Pagal Numbeo (2015, 2016, 2017) miestų gyvenimo kokybės lygis priklauso nuo nekilnojamojo turto kainų. Savo ruožtu, nekilnojamojo turto kainos priklauso nuo kainų ir pajamų santykio, nuomos rinkos miesto centre, nuomos rinkos už miesto centro ribų, kainos ir nuomos santykio miesto centre, kainos ir nuomos santykio už miesto centro ribų, hipotekos dydžio kaip pajamų procentinės dalies, įperkamumo indekso. Kaip pavyzdį toliau panagrinėsime kainų ir pajamų santykio įtaką miestų gyvenimo kokybei.

Kainų ir pajamų santykis gali sudaryti sąlygas aukštai gyvenimo kokybei vystytis. Gyvenimo kokybė gali turėti įtakos kainų ir pajamų santykiui dviem būdais. Pirmiausia, gyvenimo kokybė gali įtakoti šį santykį tiesiogiai. Darbuotojai yra pasirengę mokėti didesnę nuomą ir gauti mažesnes algas, siekiant gyventi miestuose, kuriuose vyrauja aukštesnė gyvenimo kokybė. Kadangi nuomos ir atlyginimo dydis turi tiesioginę įtaką apgyvendinimo kainai ir pajamoms, tai lemia aukštesnį kainų ir pajamų santykį šiuose miestuose. Antra, gyvenimo kokybė gali įtakoti šį santykį netiesiogiai per gamybos patobulinimus/palengvinimus. Tarkime, kad gyvenimo kokybė ir gamybos patobulinimai/palengvinimai yra susiję. Produktyvumo poveikis dėl kainų ir pajamų santykio yra dviprasmiškas, nes aukštas produktyvumas didina tiek atlyginimus, tiek nuomos kainą (Lee, You 2012).

Siekiant, kad analizuojamame mieste gyvenimo kokybė taptų tokia pati kaip lyginamame mieste, remiantis COPRAS metodo 1–5 etapais ir INVAR metodo 7 etapu galima optimizuoti nagrinėjamo miesto bet kurio pasirinkto rodiklio reikšmę. Kaip pavyzdį panagrinėkime 2013 m. Vilniaus nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio optimizavimą. Atvejo analizei atlikti, buvo pasirinkta pirmaujanti pagal gyvenimo kokybės indeksą Baltijos šalis – Estija. Taigi, siekiama nustatyti, koks turi būti Vilniaus miesto ( $a_{14}$ ) nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydis ( $x_{514\ cycle\ e}$ ), kad šio miesto gyvenimo kokybės indekso naudingumo laipsnis būtų lygus kaimyninės šalies Talino miesto ( $a_{11}$ ) gyvenimo

kokybės indekso naudingumo laipsniui, atsižvelgiant į minimizuojamus ir maksimizuojamus rodiklius.

2013 metų Europos miestų gyvenimo kokybės analizės pradinį duomenų matricoje (žiūrėti: [http://iti.vgtu.lt/VGTU\\_Lomonosov/simpletable.aspx?systemid=765](http://iti.vgtu.lt/VGTU_Lomonosov/simpletable.aspx?systemid=765)), Vilniaus ( $a_{14}$ ) nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydis yra 13,74, o jo gyvenimo kokybės indekso naudingumo laipsnis yra lygus 52,61 % (3.4 lentelė). Šios atvejo analizės tikslas yra priartėjimo keliu optimizuoti (šiuo atveju mažinti) Vilniaus miesto ( $a_{14}$ ) hipotetinį nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydį  $x_{514 \text{ cycle } e}$ , kad Vilniaus miesto ( $a_{14}$ ) naudingumo laipsnis taptų lygus Talino miesto ( $a_{11}$ ) naudingumo laipsniui, t. y. kad gyvenimo kokybė šiuose miestuose būtų tokia pati.

**3.4 lentelė.** Vilniaus ( $a_{14}$ ) hipotetinio nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydžio optimizavimo fragmentas, siekiant, jog naudingumo laipsnis taptų lygus Talinui ( $a_{11}$ ) (sudaryta autorės)

**Table 3.4.** Optimization fragment for the hypothetical Property Price to Income Ratio score for Vilnius ( $a_{14}$ ) to approach equality with the utility degree of Tallinn ( $a_{11}$ ) (developed by author)

Aproximacijos ciklai	Nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydis, $x_{514 \text{ cycle } e}$	Gyvenimo kokybės naudingumo laipsnis		Nelygybė (2.27 formulė) <sup>1</sup>
		Vilnius	Talinas	
0	13,74	52,61 %	61,8 %	$ -9,19  > 0,1 \%$
...	...	...	...	
324	10,5	59,33 %	61,76 %	$ -2,43\%  > 0,1 \%$
...	...	...	...	
394	9,8	61,21 %	61,83 %	$ -0,62\%  > 0,1 \%$
...	...	...	...	
404	9,7	61,54 %	61,84 %	$ -0,3\%  > 0,1 \%$
...	...	...	...	
414	9,6	61,8 %	61,84 %	$ -0,04\%  < 0,1 \%$

<sup>1</sup> Nustatoma, ar  $a_8$  koreguotas nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydis  $x_{58 \text{ cycle } e}$  yra pakankamai tikslus

Kaip matome iš 3.4 lentelės, nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio vertei sumažėjus iki 9,6, Vilniaus gyvenimo kokybės indekso naudingumo laipsnis tampa beveik lygus Talino naudingumo laipsniui (skirtumas tik 0,04 %). Pagal 3.4 lentelę po 404 aproksimacijos ciklo nelygybė (2.27 formulė) dar nebuvo tenkinama ( $x_{514 \text{ cycle } 404} = 9,7$ ,  $|-0,3\%| > 0,1 \%$ ), tačiau atlikus 414 aproksimacijos ciklą, Vilniaus ( $a_{14}$ ) hipotetinis nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydis buvo sumažintas iki 9,6 ir šio miesto gyvenimo kokybės naudingumo laipsnis tapo lygus Talino ( $a_{11}$ ) naudingumo laipsniui ( $x_{514 \text{ cycle } 414} = 9,6$ ,  $|-0,04\%| < 0,1 \%$ ), t. y. šiuose miestuose gyvenimo kokybė tapo tokia pati.

### 3.2.4. Vilniaus miesto hipotetinio nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydžio skaičiavimas

Numbeo (2015, 2016) nuomone, miestų gyvenimo kokybės lygis koreliuoja su būsto įperkamumu ir kainų ir pajamų santykiu. Pavyzdžiui, didėjanti apgyvendinimo paklausa lemia didesnes kainas ir mažesnę įperkamumą. Patrauklesnėse vietose apgyvendinimo išlaidos yra didesnės dėl aukštos paklausos. Priešingai, regionuose, kuriuose yra mažesnis ekonomikos lygis ir žemesnė gyvenimo kokybė, būsto įperkamumas yra lengvesnis. Tačiau stiprios ekonomikos ir aukštos gyvenimo kokybės regionuose būsto įperkamumas yra sunkesnis (Lehner, 2016). Taigi kainų ir pajamų santykis yra pagrindinis būsto įperkamumo matavimo vienetas. Rosen (1979) and Roback (1982) teigia, kad yra stiprus ryšys tarp atlyginimų ir būsto nuomos kainų, tačiau jų skirtumas yra pagrįstas skirtinga gyvenimo kokybe skirtinguose miestuose.

Šios atvejo analizės tikslas – nustatyti Vilniaus miesto ( $a_{14}$ ) hipotetinį nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydį ( $x_{514\ cycle\ e}$ ), kuriam esant šis miestas patektų tarp dešimties geriausių Europos miestų ( $a_1$ – $a_{40}$ ) pagal QOL, atsižvelgiant į minimizuojamus ir maksimizuojamus rodiklius. Kaip pavyzdį panagrinėkime 2013 metų duomenis (žiūrėti: [https://www.NUMBEO.com/quality-of-life/region\\_rankings.jsp?title=2013-Q1 &region=150](https://www.NUMBEO.com/quality-of-life/region_rankings.jsp?title=2013-Q1 &region=150)).

**3.5 lentelė.** Vilniaus miesto hipotetinio nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydžio skaičiavimo fragmentas (sudaryta autorės)

**Table 3.5.** A fragment of the value calculation of Vilnius City Property Price to Income Ratio (developed by author)

Aproksimacijos ciklai	Nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydis, $x_{514\ cycle\ e}$	Vilniaus miesto gyvenimo kokybės indekso naudingumo laipsnis ( $a_{14}$ )	Reitingas
0	13,74	52,61 %	17
...	...	...	...
7	13	53,91 %	15
...	...	...	...
37	10	60,56 %	13
...	...	...	...
47	9	63,47 %	9
...	...	...	...
67	7	70,56 %	5

Pagal 2013 metų duomenis, Vilniaus nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydis buvo 13,74. Atlikus skaičiavimus (žiūrėti: [http://iti.vgtu.lt/VGTU\\_Lomonosov/simpletable.aspx?sistemid=765](http://iti.vgtu.lt/VGTU_Lomonosov/simpletable.aspx?sistemid=765)) buvo nustatyta, kad Vilniaus miesto gyvenimo kokybės indekso naudingumo laipsnis yra lygus 52,61 % (17 pozicija pagal prioritetą). Norint, jog Vilniaus miesto reitin-

gas pakiltų bent per 7 pozicijas ir patektų tarp dešimties geriausių Europos miestų pagal QOL, nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydis ( $x_{514\text{ cycle } e}$ ) turi būti atitinkamai mažinamas. Skaičiavimams atlikti naudojami COPRAS metodo 1–5 etapais ir INVAR metodo 10 etapas. 3.5 lentelėje pateikti atliktų skaičiavimų fragmentas.

3.5 lentelėje matyti, kad po 37 aproksimacijos ciklų Vilniaus miestas buvo 13 vietoje pagal Europos miestų gyvenimo kokybės indeksą. Kadangi dar nebuvo pasiektas norimas rezultatas, hipotetinis nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydis toliau buvo mažinamas. Po 47 aproksimacijos ciklų Vilniaus miesto nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydį sumažinus 1,528 karto, Vilniaus miesto naudingumo laipsnis sudarė 63,47 % ir pateko tarp dešimties geriausių Europos miestų pagal gyvenimo kokybės indeksą.

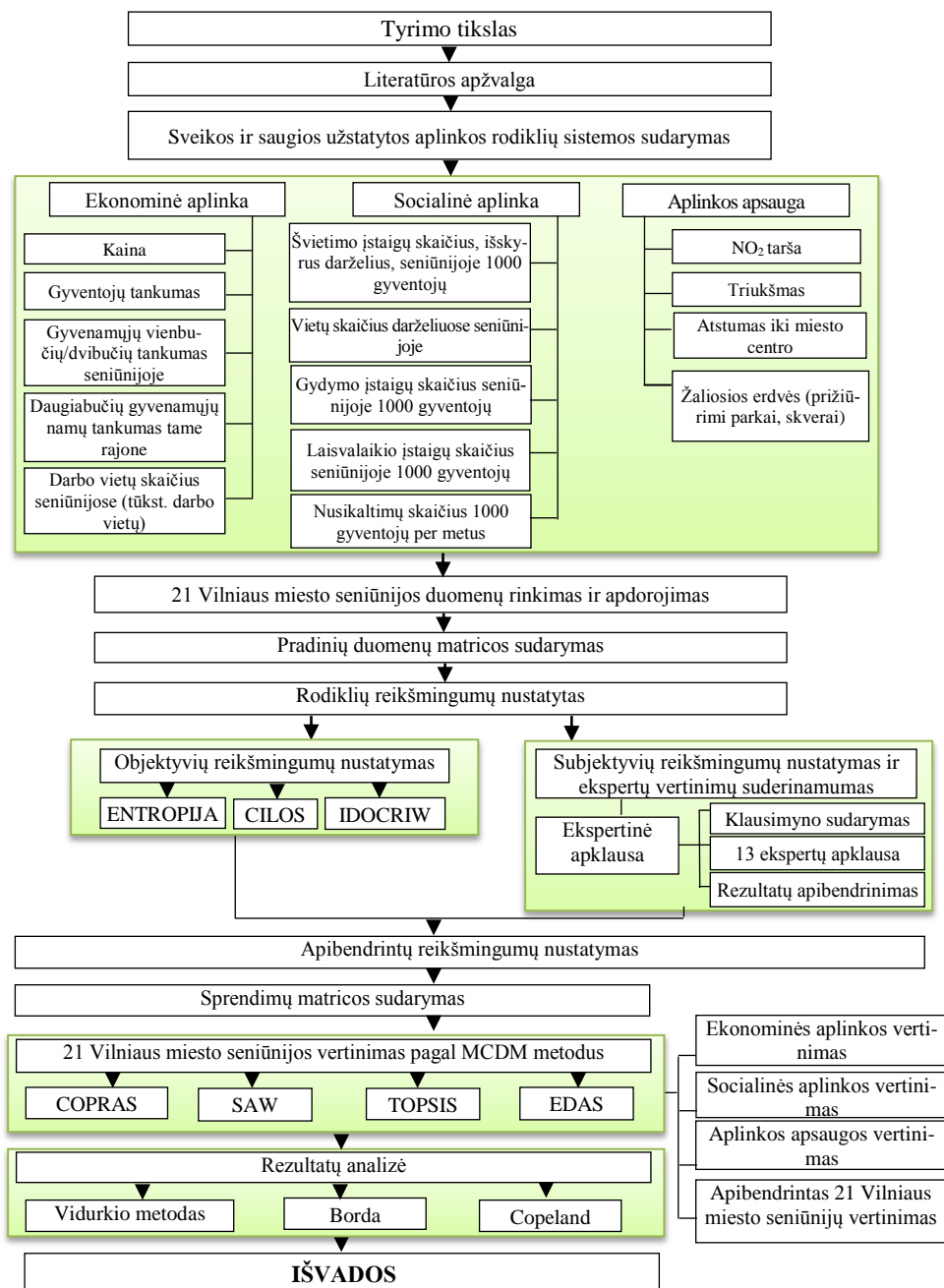
### 3.3. Vilniaus miesto seniūnijų vertinimas: mezo lygmuo

#### 3.3.1. Tyrimo metodologija mezo lygmenyje

Miestų darnia plėtra siekiama užtikrinti subalansuotą miesto ir jo sudėtinių dalių vystymąsi, tenkinant jo gyventojų gerovę dabartyje kartu nebloginant jų gyvenimo kokybės ateityje. Šiam tikslui įgyvendinti naudojami įvairūs socialinių, ekonominių, aplinkos ir kitų mokslų metodai. Miestų darnia plėtra siekiama sumažinti skurdą, gerinti gyvenimo kokybę bei socialinius ryšius ir santykius bendruomenėse, patenkinti pagrindinius žmonių poreikius, skatinti darnų ekonominį ir politinį vystymąsi, siekiant išvengti žalos gamtos ištekliams.

Miestų darnioje plėtroje galima įžvelgti priešybių vienybę, kai vieni tikslai prieštarauja kitiems. Pavyzdžiui, ekonominis augimas neįmanomas be dar didesnio išteklių panaudojimo, todėl kai kurie mokslininkai siūlo tausoti gamtą mažinant vartojimą. Ekonomikos darnus vystymasis nebūtinai apima ekologines, socialines ir kultūrines darnumo vystymosi dimensijas. Dažnai mokslinėje literatūroje diskutuojama ar praktikoje pusiausvyra tarp užstatytos aplinkos ekonominio, aplinkos ir socialinio vystymosi bei kultūrinė įvairovės yra galima.

Todėl miestų ir jų rajonų darnios plėtros analizei atlikti gali būti taikomi daugiakriterės analizės metodai. Yra daug daugiakriterės analizės metodų. Dažnai sprendžiant tą patį uždavinį su identiškais rodikliais, jų reikšmėmis ir reikšmingumais, gaunami skirtingi rezultatai. Tada iškyla klausimas, kuris iš šių metodų labiausiai tinkamas konkrečių uždavinių sprendimui? Geriausio daugiakriterės analizės metodo nustatymas visada sukeldavo daug ginčų ir nesibaigiančių diskusijų. Visada egzistuoja eilė konkuruojančių metodų.



**3.3 pav.** Tyrimo metodologija mezo lygmenyje (sudaryta autorės)  
**Fig. 3.3.** Research methodology in mezo level (developed by author)

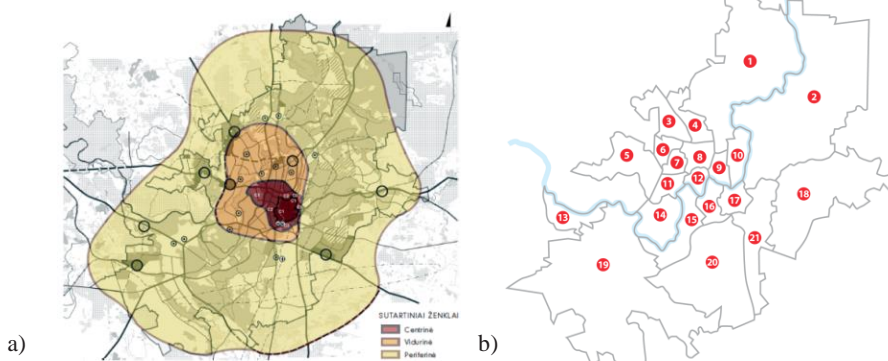
Dažniausiai yra labai sunku nustatyti, ar taikant konkretų daugiakriterės analizės metodą gaunamas teisingas, ar neteisingas atsakymas. Siekiant išvengti šių problemų, siūloma to paties uždavinio sprendimui taikyti kompleksą daugiakriterės analizės metodų.

Siūloma kompleksinė daugiakriterės analizės metodologija toliau pateikiama Vilniaus miesto seniūnijų analizės pavyzdžiu. Atliktas 21 Vilniaus miesto seniūnijos sveikos ir saugios užstatytos aplinkos vertinimas remiantis darnios plėtros principais taikant MCDM metodus. Tyrimo metodologija pateikta 3.3 paveiksle.

### 3.3.2. Vilniaus miesto seniūnijų ypatumai

Vilnius – Europos Sąjungos valstybės sostinė, Lietuvoje – didžiausias miestas, turintis sudėtingą inžinerinį ūkį, neišbaigtą susisiekimo sistemą, dispersišką (chaotiškai išsklaidytą), neišbaigtą urbanistinę struktūrą, būdingą miestams, suskaidytiems į funkcines zonas. Miestas išsidėstęs vaizdingoje gamtinėje aplinkoje, pasaulyje garsus savo kultūros paveldu. Jo ateitis susijusi su nuolatos vykstančiais urbanizacijos procesais, atviros rinkos pokyčiais ir evoliucija, kuri sukuria daugybę situacijų ir galimų sprendimų (Vilniaus miesto savivaldybė 2007). Dėl šios priežasties sveikos ir saugios užstatytos aplinkos vertinimas darnios plėtros principais buvo atliktas remiantis Vilniaus miesto pavyzdžiu.

Vilniaus miestas pagal miesto funkcionavimo problemų diferenciaciją, gyvenimo kokybės skirtumus ir aplinkos savitumą atskirose miesto zonose suskirstytas į tris miesto struktūros zonas: centrinę, vidurinę ir periferinę (3.4 (a) pav.). Dalis periferinės zonos yra miesto teritorijoje, dalis – kaimyninių savivaldybių teritorijoje (Vilniaus miesto savivaldybė 2007).



**3.4 pav.** Vilniaus miesto struktūros zonos (a) (Vilniaus miesto savivaldybė 2007) ir seniūnijų žemėlapis (b) (Vilniaus seniūnijos numeracija 2016)

**Fig. 3.4.** Vilnius city structural area (a) (Vilniaus miesto savivaldybė 2007) and neighborhoods map (b) (Vilniaus seniūnijos numeracija 2016)

Vilniaus miesto savivaldybei priklauso 21 seniūnija (3.4 (b) pav.):

1. Verkių seniūnija. Ši seniūnija yra Vilniaus šiauriniame pakraštyje, į rytus nuo kelio į Molėtus. Seniūnijos teritorijoje yra Verkių regioninis parkas, Balsio ir Gulbino ežerai, Verkių miškas, daug kolektyvinių sodų, Visorių kareivinės, Santariškių klinikos ir kt. (Verkių seniūnija 2016). Seniūnijos plotas – 55,65 km<sup>2</sup>, gyventojų tankumas – 757,93 žm/km<sup>2</sup> (Vilniaus miesto savivaldybė 2016, Lietuvos statistikos departamentas 2013).
2. Antakalnio seniūnija. Antakalnis – Vilniaus miesto dalis kairiajame Nerio krante, aukščiau Vilnios žiočių, esanti į šiaurės rytus nuo miesto centro. Tai antra pagal teritorijos dydį tarp kitų Vilniaus miesto seniūnijų (Antakalnio seniūnija 2016). Mikrorajone puikiai išvystytas viešasis transportas ir juo nesunkiai galima pasiekti miesto centrą, kitus mikrorajonus. (Sužinokite daugiau apie Vilniaus... 2016). Seniūnijos plotas – 77,2 km<sup>2</sup>, gyventojų tankumas – 504,40 žm/km<sup>2</sup> (Vilniaus miesto savivaldybė 2016, Lietuvos statistikos departamentas 2013).
3. Pašilaičių seniūnija. Ši seniūnija yra Vilniaus šiaurės vakaruose, miesto pakraštyje, ribojasi su Zujūnų seniūnija. Didžiąją seniūnijos dalį užima Pašilaičiai, kiti rajonai – Tarandė, Pavilionys, Gineitiškės (Pašilaičių seniūnija 2106). Gatvių išplanavimas gana neįprastas, nes 3 pagrindinės gatvės sudaro žiedus, kurių viduryje – ramios, automobilių beveik nepasiekiamos, pėsčiųjų erdvės (Sužinokite daugiau apie Vilniaus... 2016). Seniūnijos plotas – 8,2 km<sup>2</sup>, gyventojų tankumas – 4031,22 žm/km<sup>2</sup> (Vilniaus miesto savivaldybė 2016, Lietuvos statistikos departamentas 2013).
4. Fabijoniškių seniūnija. Ši seniūnija įsikūrusi į šiaurę nuo miesto centro, prie magistralės Vilnius – Panevėžys. Didžiąją dalį sudaro Fabijoniškių mikrorajonas, kurį imta statyti 1986 m. buvusio Fabijoniškių kaimo vietoje, taip pat įeina miesto dalys Pavilionys ir Bajorai (Fabijoniškių seniūnija 2016). Seniūnijos plotas – 4,1 km<sup>2</sup>, gyventojų tankumas – 9697,32 žm/km<sup>2</sup> (Vilniaus miesto savivaldybė 2016, Lietuvos statistikos departamentas 2013).
5. Pilaitės seniūnija. Seniūnija įsikūrusi Vilniaus miesto šiaurės vakaruose, dešiniajame Nerio krante (Pilaitės seniūnija 2016). Nors Pilaitė įsikūrusi atokiau nuo miesto centro, tačiau yra greitai ir lengvai pasiekiamas ne tik nuosavu transportu, bet ir viešuoju transportu. Seniūniją supa gamta ir ežerai (Sužinokite daugiau apie Vilniaus... 2016). Seniūnijos plotas – 13,8 km<sup>2</sup>, gyventojų tankumas – 1472,46 žm/km<sup>2</sup> (Vilniaus miesto savivaldybė 2016, Lietuvos statistikos departamentas 2013).
6. Justiniškių seniūnija. Vilniaus miesto dalis, esanti miesto šiaurės vakaruose. Tai daugiausiai gyvenamasis (miegamasis) rajonas (Justiniškių



- seniūnija 2016). Seniūnijos plotas –  $2,98 \text{ km}^2$ , gyventojų tankumas –  $9215,44 \text{ žm/km}^2$  (Vilniaus miesto savivaldybė 2016, Lietuvos statistikos departamentas 2013).
7. Viršuliškių seniūnija. Viršuliškės, kaip ir Justiniškės, yra miegamasis rajonas Vilniaus šiaurės vakaruose. Pagal užimamą teritoriją šis mikrorajonas yra vienas mažiausių – tik  $2,5 \text{ km}^2$  (Sužinokite daugiau apie Vilniaus... 2016). Gyventojų tankumas –  $5983,2 \text{ žm/km}^2$  (Vilniaus miesto savivaldybė 2016, Lietuvos statistikos departamentas 2013).
  8. Šeškinės seniūnija. Šeškinė taip pat yra vienas mažiausių mikrorajonų Vilniuje, užima kiek daugiau nei  $4 \text{ km}^2$  teritoriją, tačiau čia gyvena daugiau nei 30000 gyventojų. Taip yra dėl to, jog šiame mikrorajone vyrauja daugiaaukštės statybos pastatai (Sužinokite daugiau apie Vilniaus... 2016). Seniūnijos plotas –  $4,4 \text{ km}^2$ , gyventojų tankumas –  $7121,14 \text{ žm/km}^2$  (Vilniaus miesto savivaldybė 2016, Lietuvos statistikos departamentas 2013).
  9. Šnipiškių seniūnija, Vilniaus miesto dalis, esanti dešiniajame Neries krante. Tai bene kontrastingiausias seniūnija mieste. Dešiniajame Neries krante yra pastatyti Naujojo miesto centro dangoraižiai, o šalia jų – „kaimas“ miesto centre (Sužinokite daugiau apie Vilniaus... 2016). Seniūnijos plotas –  $3,12 \text{ km}^2$ , gyventojų tankumas –  $4917,31 \text{ žm/km}^2$  (Vilniaus miesto savivaldybė 2016, Lietuvos statistikos departamentas 2013).
  10. Žirmūnų seniūnija. Žirmūnų seniūnija yra Vilniaus šiaurinėje dalyje. Užima  $8,5 \text{ km}^2$  plotą arba 2,1 proc. visos Vilniaus miesto teritorijos. Ji yra didžiausia gyventojų skaičiumi seniūnija Vilniuje (46370 gyventojų). (Žirmūnų seniūnija 2016) Gyventojų tankumas –  $5455,29 \text{ žm/km}^2$  (Vilniaus miesto savivaldybė 2016, Lietuvos statistikos departamentas 2013).
  11. Karoliniškių seniūnija, vakarinė Vilniaus miesto dalis, nuo centro nutolusi apie 7 km. Karoliniškių seniūnija ribojasi su Žvėryno, Lazdynų, Vilkpėdės, Pilaitės ir Viršuliškių seniūnijomis. (Karoliniškių seniūnija 2016). Seniūnijos plotas –  $4 \text{ km}^2$ , gyventojų tankumas –  $6817,5 \text{ žm/km}^2$  (Vilniaus miesto savivaldybė 2016, Lietuvos statistikos departamentas 2013).
  12. Žvėryno seniūnija. Ji yra šiaurės vakaruose nuo centrinės miesto dalies. Seniūnijos  $2,7 \text{ km}^2$  teritorijoje gyvena kiek daugiau nei 11000 žmonių. Centrinė Žvėryno dalis yra saugoma kultūros vertybė, kur vyrauja mažaaukščiai, neretai mediniai pastatai (Sužinokite daugiau apie Vilniaus... 2016). Gyventojų tankumas –  $5455,29 \text{ žm/km}^2$  (Vilniaus miesto savivaldybė 2016, Lietuvos statistikos departamentas 2013).
  13. Grigiškių seniūnija. Tai viena atokiausių Vilniaus seniūnijų, kuri nuo miesto centro nutolusi 17 kilometrų, įsikūrusi prie Neries ir Vokės san-

- takos. (Grigiškių seniūnija 2016, Sužinokite daugiau apie Vilniaus... 2016). Seniūnijos plotas – 7,1 km<sup>2</sup>, gyventojų tankumas – 1580,99 žm/km<sup>2</sup> (Vilniaus miesto savivaldybė 2016, Lietuvos statistikos departamentas 2013).
14. Lazdynų seniūnija. Tai vienas pirmųjų blokinių namų rajonų, tad aki-vaizdu, jog tai vienas seniausių mikrorajonų, kuris pradėtas statyti 1967 m. (Sužinokite daugiau apie Vilniaus... 2016). Seniūnijos plotas – 10,3 km<sup>2</sup>, gyventojų tankumas – 3019,13 žm/km<sup>2</sup> (Vilniaus miesto savi-valdybė 2016, Lietuvos statistikos departamentas 2013).
  15. Vilkpėdės seniūnija. Vilkpėdė – Vilniaus miesto dalis, esanti 4 km į pietvakarius nuo miesto centro, kairiajame Neries krante. Išsidriekusi abipus Vilniaus – Kauno geležinkelio. Apima pramonės zoną ir Vingio parką (Vilkpėdės seniūnija 2016). Seniūnijos plotas – 10,3 km<sup>2</sup>, gyven-tojų tankumas – 2072,43 žm/km<sup>2</sup> (Vilniaus miesto savivaldybė 2016, Lietuvos statistikos departamentas 2013).
  16. Naujamiesčio seniūnija. Tai Vilniaus miesto dalis, esanti miesto centre, kairiajame Neries krante, į vakarus nuo Vilniaus geležinkelio ties. Seniūnijos pavadinimas atsirado XIX a., kai tuometinė carinės Ru-sijos valdžia pradėjo Vilniaus plėtrą. Buvo pradėtas naujų statybų pro-jektavimas ir statyba už Senamiesčio ribų. (Naujamiesčio seniūnija 2016) Seniūnijos plotas – 4,8 km<sup>2</sup>, gyventojų tankumas – 4840 žm/km<sup>2</sup> (Vilniaus miesto savivaldybė 2016, Lietuvos statistikos departamen-tas 2013).
  17. Senamiesčio seniūnija, išsidėsčiusi Vilniaus centre, kairiajame Neries krante. Vilniaus senamiestis yra miesto istorinis centras, seniausia sostinė dalis, Lietuvos valstybės dvasinio, kultūrinio, religinio ir politinio gyvenimo centras, vertingas Lietuvos kultūros paminklas. Vilniaus se-namiestis yra įrašytas į UNESCO saugomų pasaulio paveldo objektų są-rašą. Jis yra charakteringas viduramžių gatvių tinklo struktūros pavyz-dys su vertingais gotikos, renesanso, baroko ir klasicizmo architektūros paminklais (Senamiesčio seniūnija 2016) Seniūnijos plotas – 4,5 km<sup>2</sup>, gyventojų tankumas – 4321,56 žm/km<sup>2</sup> (Vilniaus miesto savivaldybė 2016, Lietuvos statistikos departamentas 2013).
  18. Naujosios Vilnios seniūnija. Seniūnija įsikūrusi Vilniaus miesto rytuose, kurios didelę dalį sudaro Naujoji Vilnia (seniūnijos rytuose), taip pat įeina Pūčkoriai, Tuputiškės, Pavilnys, Guriai. Pro seniūniją teka Vilnia, daug žalių plotų (Naujosios Vilnios seniūnija 2016). Seniūnijos plotas – 39,3 km<sup>2</sup>, gyventojų tankumas – 793,16 žm/km<sup>2</sup> (Vilniaus miesto savi-valdybė 2016, Lietuvos statistikos departamentas 2013).
  19. Panerių seniūnija. Seniūnija yra Vilniaus pietvakariuose, kairiajame Ne-ries krante. Tai didžiausia Vilniaus miesto seniūnija pagal teritoriją. Ji

užima 84,94 km<sup>2</sup> ploto. Nuo 1950 m. Paneriai tapo pagrindiniu Vilniaus pramonės rajonu (Panerių seniūnija 2016). Gyventojų tankumas – 91,12 žm/km<sup>2</sup> (Vilniaus miesto savivaldybė 2016, Lietuvos statistikos departamentas 2013).

20. Naujininkų seniūnija, įsikūrusi Vilniaus miesto pietinėje dalyje, nuo senamiesčio ir centro atskirta geležinkeliu (Naujininkų seniūnija 2016). Seniūnijos plotas – 41,1 km<sup>2</sup>, gyventojų tankumas – 758,42 žm/km<sup>2</sup> (Vilniaus miesto savivaldybė 2016, Lietuvos statistikos departamentas 2013).
21. Rasų seniūnija. Vilniaus miesto dalis, einanti į pietryčius nuo Senamiesčio. (Rasų seniūnija 2016) Seniūnijos plotas – 12,7 km<sup>2</sup>, gyventojų tankumas – 834,41 žm/km<sup>2</sup> (Vilniaus miesto savivaldybė 2016, Lietuvos statistikos departamentas 2013).

Šių seniūnijų pagrindu buvo atliekamas sveiko ir saugaus būsto vertinimas mezo lygmenyje. Vertinamų alternatyvų pradiniai duomenys pateikti D priede.

### 3.3.3. MCDM metodų taikymo rezultatai pagal COPRAS, SAW, TOPSIS ir EDAS metodus

Objektyvių, subjektyvių ir apibendrintų reikšmingumų nustatymui naudotos 2.1–2.17 formulės pateiktos 2.4 poskyryje. Subjektyviems reikšmingumams nustatyti buvo pritaikytas ekspertinis vertinimas, kuriame dalyvavo 13 ekspertų iš nekilnojamojo turto srities. Klausimynas pateiktas E priede. 9 ekspertai dirba nekilnojamojo turto įmonėje, 2 ekspertai – asociacijoje, kuri veikia nekilnojamojo turto srityje, ir po vieną ekspertą iš statybos įmonės bei švietimo institucijos, kuriojančios nekilnojamojo turto vadybos studijų programą. Vertinime dalyvavo 77 % moterų ir 23 % vyrų. Visi ekspertai turėjo aukštąjį universitetinį išsilavinimą. Analizuojant ekspertų patirtį, 53,8 % ekspertų turi 5–10 m. patirtį nekilnojamojo turto srityje, 38,5 % ekspertų turi mažesnę nei 5 m. patirtį, o 7,7 % ekspertų šioje srityje dirba 10–15 metų (F priedas).

Klausimynas buvo sudarytas iš 4 etapų: bendras darnios plėtros sričių vertinimas (ekonominė aplinka, socialinė aplinka ir aplinkos apsauga), atskirų ekonominės aplinkos veiksnių vertinimas, atskirų socialinės aplinkos veiksnių vertinimas ir atskirų aplinkos apsaugos veiksnių vertinimas. Rodikliai buvo ranguojami pagal svarbumą vertinamo tikslo atžvilgiu. Ekspertų vertinimo rezultatai pateikti 3.6 lentelėje.

Taikant Kendall (1970) ranginės koreliacijos teoriją buvo patikrintas ekspertų vertinimo suderinamumas. Vertinimo pagrindą sudaro ekspertų rodiklių rangavimo lentelė. Visuose vertinimuose nuomonės buvo suderintos. Ekonominės aplinkos vertinimų konkordacijos koeficientas  $W = 0,285$ , atitinkama rodiklio  $\chi^2$  statistika  $\chi^2 = 14,83$  yra didesnė už kritinę  $\chi^2_{kr} = 9,488$ , paimtą iš  $\chi^2$

skirstinio lentelės su  $\nu = 5 - 1 = 4$  laisvės laipsniu ir reikšmingumo lygmeniu  $\alpha = 0,05$ , todėl buvo priimta statistinė hipotezė apie ekspertų vertinimų suderinamumą. Socialinės aplinkos  $W = 0,626, \chi^2 = 36,55 (\chi^2_{kr} = 9,488)$ , aplinkos apsaugos  $W = 0,346, \chi^2 = 13,50 (\chi^2_{kr} = 7,815, \nu = 3)$ . Atskirų aplinkų įtakos palyginimui  $W = 0,290, \chi^2 = 7,538 (\chi^2_{kr} = 5,991, \nu = 2)$ .

### 3.6 lentelė. Ekspertų vertinimas (sudaryta autorės)

**Table 3.6.** Expert evaluation (developed by author)

Ekspertai		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Subjektyvus reikšmingumas
Vertinimas		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Darnios plėtos sritys	Ekonominė aplinka	50	45	50	40	35	25	35	45	50	50	50	45	30	0,4231
	Socialinė aplinka	30	30	25	25	25	40	20	20	20	30	15	20	50	0,2692
	Aplinkos apsauga	20	25	25	35	40	35	45	35	30	20	35	35	20	0,3077
Ekonominės aplinkos veiksniai	Būsto kaina eur/m <sup>2</sup>	10	15	50	40	55	10	35	40	40	25	30	35	35	0,3231
	Gyventojų tankumas	30	25	20	25	12	26	20	15	25	15	10	15	18	0,1969
	Gyvenamųjų vienuomenių/dviuomenių tankumas	20	10	5	5	8	19	5	10	5	10	30	20	12	0,1223
	Daugiaaukštinių gyvenamųjų namų tankumas	25	20	20	20	15	31	15	20	20	20	25	20	10	0,2008

3.6 lentelės pabaiga

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Ekonominės aplinkos veiksniai	Darbo vietų skaičius	15	30	5	10	10	14	25	15	10	30	5	10	25	0,1569
	Švietimo įstaigų skaičius, išskyrus daržėlius	9	30	30	20	15	30	20	15	25	20	20	20	16	0,2077
Socialinės aplinkos veiksniai	Vietų skaičius daržėliuose	20	25	30	25	20	15	15	15	15	22	15	25	14	0,1969
	Gydy-mo įstaigų skaičius	30	16	5	15	25	20	25	10	15	18	5	5	10	0,1531
	Laisva-laikio įstaigų skaičius	1	9	5	10	5	10	10	10	10	15	10	10	20	0,0962
	Nusi-kaltimų skaičius	40	20	30	30	35	25	30	50	35	25	50	40	40	0,3462
Aplinkos apsaugos veiksniai	NO <sub>2</sub> tarša	14	20	10	17	20	35	10	15	20	20	30	25	15	0,2238
	Triukš-mas	16	35	20	25	30	21	15	30	20	35	30	35	35	0,2669
	Atstu-mas iki miesto centro	50	15	50	23	22	19	35	20	30	20	10	10	20	0,2415
	Žalio-sios erdvės (parkai, skverai)	20	30	20	35	28	25	40	35	30	25	30	30	30	0,2677

Rodiklių reikšmingumų nustatymui ekspertai tiesiogiai įvertino jų svarbumą, t. y. kiekvieno eksperto visų vertinimų  $c_{ik}$  reikšmingumų suma turi būti lygi vienetui (arba 100 %). Atskirų rodiklių vertinimai gali kartotis. Objektivių, subjektyvių ir apibendrintų reikšmingumų skaičiavimo rezultatai pagal atskiras darnios plėtos sritis (ekonominė, socialinė ir aplinkos apsauga) pateikti 3.7–3.12 lentelėse.

Nagrinėjant ekonominę aplinką, kaina (0,3478) ir gyventojų tankumas (0,3039) turi didžiausią įtaką sveiko ir saugaus būsto mezo lygmenyje vertinimui (3.7 lentelė). Mažiausiai svarbus gyvenamųjų vienbučių/dvibučių tankumas (0,0322).

**3.7 lentelė.** Ekonominės aplinkos rodiklių reikšmingumų nustatymas (sudaryta autorės)  
**Table 3.7.** Determining the weights of the economic environment criteria (developed by author)

Ekonominės aplinkos rodikliai	Entropija	CILOS	IDOCRIW	Subjektyvūs reikšmingumai	Apibendrinti reikšmingumai
Būsto kaina	0,1879	0,2132	0,2304	0,3231	0,3478
Gyventojų tankumas	0,2970	0,1933	0,3303	0,1969	0,3039
Gyvenamųjų vienbučių/dvibučių tankumas seniūnijoje	0,0308	0,3188	0,0564	0,1223	0,0322
Daugiabučių gyvenamųjų namų tankumas seniūnijoje	0,2196	0,1369	0,1729	0,2008	0,1622
Darbo vietų skaičius seniūnijose (tūkst. darbo vietų)	0,2648	0,1378	0,2099	0,1569	0,1539

Atliekant Vilniaus miesto seniūnijų vertinimą pagal MCDM metodus (TOPSIS, COPRAS, SAW ir EDAS) buvo naudoti apibendrinti reikšmingumai. Ekonominės aplinkos Vilniaus miesto seniūnijų keturių MCDM metodų vertinimo rezultatai pateikti 3.8 lentelėje. Pagal TOPSIS, COPRAS, SAW ir EDAS vietas prioritetų eilutės nežymiai skiriasi. Apskaičiuotos apibendrintos vietos, kuomet kiekvienu metodu gauta vieta buvo sumuojama. Tačiau norint patikrinti gautus rezultatus naudojami vidurkio, Borda ir Copeland metodai (Hwang, Yoon 1981; Borda 1781; McLean 1990; Fishburn 1971; Erlandson 1978; Ustinovičius, Zavadskas 2004). Galima pastebėti, jog pagal šiuos metodus visi vertinimai sutapo. Atlikus skaičiavimus galima teigti, jog Naujamiestis yra vertinamas kaip geriausia alternatyva pagal ekonominės aplinkos rodiklius. Antroje, trečioje vietoje yra Senamiestis ir Paneriai.

**3.8 lentelė.** Ekonominės aplinkos MCDM metodų vertinimas (sudaryta autorės)  
**Table 3.8.** The assessment of the economic environment using the MCDM methods (developed by author)

Seniūnijos	COPRAS		SAW		TOPSIS		EDAS		Viety suma	Bendra vieta	Vieta pagal vidurkio metodą	Vieta pagal Borda	Vieta pagal CopeLand
	Reikšm.	Vieta	Reikšm.	Vieta	Reikšm.	Vieta	Reikšm.	Vieta					
Antakalnis	0,0545	8	0,0551	7	0,3260	10	0,5107	10	35	9	9	9	9
Fabijoniškės	0,0332	15	0,0330	12	0,2611	17	0,2910	17	61	15	15	15	15
Grigiškės	0,0338	13	0,0291	14	0,2930	12	0,4257	13	52	13	13	13	13
Justiniškės	0,0146	21	0,0149	21	0,0739	21	0,0023	21	84	21	21	21	21
Karoliniškės	0,0147	20	0,0151	19	0,2139	18	0,2217	19	76	19	19	19	19
Lazdynai	0,0283	17	0,0251	17	0,2682	16	0,3908	16	66	17	17	17	17
Naujamiestis	0,1008	2	0,0990	2	0,6708	1	0,9485	1	6	1	1	1	1
Naujininkai	0,0546	7	0,0458	8	0,3282	9	0,5235	8	32	7-8	7-8	7-8	7-8
Naujoji Vilnia	0,0538	9	0,0456	9	0,3400	7	0,5423	7	32	7-8	7-8	7-8	7-8
Paneriai	0,1200	1	0,1753	1	0,3984	5	0,6175	3	10	2-3	2-3	2-3	2-3
Pašilaičiai	0,0336	14	0,0316	13	0,2900	13	0,4462	11	51	12	12	12	12
Pilaitė	0,0348	12	0,0290	15	0,2850	14	0,4082	14	55	14	14	14	14
Rasos	0,0476	10	0,0425	10	0,3391	8	0,5201	9	37	10	10	10	10
Senamiestis	0,0813	3	0,0796	3	0,5864	2	0,7827	2	10	2-3	2-3	2-3	2-3
Šeškinė	0,0232	18	0,0226	18	0,1906	19	0,2514	18	73	18	18	18	18
Verkių	0,0599	6	0,0543	5	0,3596	6	0,5917	4	21	6	6	6	6
Vilkipėdė	0,0300	16	0,0254	16	0,2731	15	0,3947	15	62	16	16	16	16
Viršuliškės	0,0161	19	0,0150	20	0,1862	20	0,2209	20	79	20	20	20	20
Žirmūnai	0,0394	11	0,0377	11	0,3208	11	0,4402	12	45	11	11	11	11
Žvėrynas	0,0656	4	0,0649	4	0,4774	3	0,5652	6	17	4	4	4	4
Šnipiškės	0,0603	5	0,0592	6	0,4416	4	0,5737	5	20	5	5	5	5

Skaiciuojant socialinės aplinkos rodiklių objektyvius, subjektyvius ir apibendrintus reikšmingumus, nustatyta, jog didžiausią įtaką turi gydymo įstaigų skaičius (0,3424) bei nusikaltimų skaičius (0,3069) (3.9 lentelė). Galima teigti, jog šie rodikliai yra tiesiogiai susiję su sveikos ir saugios aplinkos vertinimu.

**3.9 lentelė.** Socialinės aplinkos rodiklių reikšmingumų nustatymas (sudaryta autorės)  
**Table 3.9.** Determining the weights of the social environment criteria (developed by author)

Socialinės aplinkos rodikliai	Entropija	CILOS	IDOCRIW	Subjektyvūs reikšmingumai	Apibendrinti reikšmingumai
Švietimo įstaigų skaičius, išskyrus darželius, seniūnijoje 1000 gyventojų	0,1185	0,1924	0,1180	0,2077	0,1342
Vietų skaičius darželiuose seniūnijoje	0,1439	0,1277	0,0951	0,1969	0,1025
Gydymo įstaigų skaičius seniūnijoje 1000 gyventojų	0,2638	0,2993	0,4085	0,1531	0,3424
Laisvalaikio įstaigų skaičius seniūnijoje 1000 gyventojų	0,3546	0,1180	0,2165	0,0962	0,1140
Nusikaltimų skaičius 1000 gyventojų per metus	0,1185	0,1924	0,1180	0,2077	0,1342

Atlikus 21 Vilniaus miesto seniūnijos daugiakriterį vertinimą pagal COPRAS, SAW, TOPSIS ir EDAS metodus ir patikrinus gautus rezultatus pagal vidurkio, Borda ir Copeland metodus (3.10 lentelė), gautos panašios prioritetų eilutės. Pagal socialinius rodiklius geriausiai yra įvertinta Senamiesčio seniūnija, antroje vietoje – Antakalnio seniūnija, trečioje – Žvėryno seniūnija.

Vertinant aplinkos apsaugą (3.11 lentelė) galima apstebėti, jog rodiklių objektyvūs ir subjektyvūs reikšmingumai skiriasi. Entropijos, CILOS ir IDOCRIW metodu nustatyti reikšmingumai identifikuoja skirtingus svarbiausius rodiklius iš lyginamųjų. Pavyzdžiui, entropijos metodu, didžiausias reikšmingumas yra atstumui iki miesto centro, CILOS atveju – žaliosioms erdvėms. Subjektyvūs reikšmingumai, nustatyti ekspertiniu vertinimu, yra labai panašūs tarpusavyje. Galima daryti prielaidą, jog ekspertų nuomone, visi rodikliai yra svarbūs vertinant saugią ir sveiką aplinką. Apskaičiavus apibendrintus reikšmingumus išskiriami du pagrindiniai rodikliai, darantys įtaką sveikos ir saugios užstatytos aplinkos vertinimui. Tai yra žaliosios erdvės (0,4976) bei oro tarša (0,3179).



**3.10 lentelė.** Socialinės aplinkos MCDM metodų vertinimai (sudaryta autorės)  
**Table 3.10.** The assessment of the social environment using the MCDM methods (developed by author)

Seniūnijos	COPRAS		SAW		TOPSIS		EDAS		Viečių suma	Bendra vieta	Vieta pagal vidurkio metodą	Vieta pagal Borda	Vieta pagal Copeland
	Reikšm.	Vieta	Reikšm.	Vieta	Reikšm.	Vieta	Reikšm.	Vieta					
Antakalnis	0,0706	2	0,0706	2	0,6994	1	0,7816	2	7	2	2	2	2
Fabijoniškės	0,0381	17	0,0381	16	0,3556	17	0,2984	17	67	17	17	17–18	17
Grigiškės	0,0437	12	0,0437	12	0,3816	13	0,3710	11	48	12	12	13–14	12–13
Justiniškės	0,0511	8	0,0511	8	0,4556	8	0,4906	8	32	8	8	8	8
Karoliniškės	0,0438	11	0,0438	11	0,3862	12	0,3908	10	44	11	11	11	11
Lazdynai	0,0463	10	0,0463	10	0,4006	10	0,3703	12	42	10	10	10	10
Naujamiestis	0,0579	4	0,0579	4	0,5358	7	0,5575	6	21	5	5	5	5
Naujininkai	0,0316	19	0,0316	19	0,1872	20	0,0895	20	78	19–20	19–20	19–20	19–20
Naujoji Vilnia	0,0356	18	0,0356	18	0,2984	18	0,2782	18	72	18	18	17–18	18
Paneriai	0,0425	13	0,0425	13	0,3752	14	0,3054	15	55	14	14	13–14	14
Pašilaičiai	0,0419	15	0,0419	15	0,3970	11	0,3620	13	54	13	13	12	12–13
Pilaitė	0,0471	9	0,0471	9	0,4205	9	0,3914	9	36	9	9	9	9
Rasos	0,0307	20	0,0307	20	0,2363	19	0,1129	19	78	19–20	19–20	19–20	19–20
Senamiestis	0,0781	1	0,0781	1	0,6718	2	0,8023	1	5	1	1	1	1
Šeškinė	0,0397	16	0,0357	17	0,3613	15	0,3038	16	64	16	16	16	16
Verkiai	0,0571	5	0,0571	5	0,5810	5	0,5977	4	19	4	4	4	4
Vilkipėdė	0,0569	6	0,0569	6	0,6043	3	0,5507	7	22	6	6	6	6
Viršuliškės	0,0423	14	0,0423	14	0,3593	16	0,3617	14	58	15	15	15	15
Žirmūnai	0,0549	7	0,0549	7	0,5422	6	0,5931	5	25	7	7	7	7
Žvėrynas	0,0625	3	0,0625	3	0,5862	4	0,7127	3	13	3	3	3	3
Snipiskės	0,0277	21	0,0277	21	0,1507	21	0,0293	21	84	21	21	21	21

**3.11 lentelė.** Aplinkos apsaugos rodiklių reikšmingumų nustatymas (sudaryta autorės)**Table 3.11.** Determining the weights of the environmental criteria (developed by author)

Aplinkos apsaugos rodikliai	Entropija	CILOS	IDOCRIW	Subjektyvūs reikšmingumai	Apibendrinti reikšmingumai
NO <sub>2</sub> tarša	0,2470	0,2934	0,3520	0,2238	0,3179
Triukšmas	0,2517	0,0147	0,0180	0,2669	0,0194
Atstumas iki miesto centro	0,3403	0,1026	0,1695	0,2415	0,1652
Žaliosios erdvės (prižiūrimi parkai, skverai)	0,1609	0,5894	0,1606	0,2677	0,4976

Vertinant aplinkos apsaugą, Senamiesčio seniūnija taip pat įvertinta geriausiai lyginant su kitomis seniūnijomis (3.12 lentelė). Senamiestyje gausu žaliųjų erdvių (Kalnų parkas, Bernardinų sodas, P. Cvirkos skveras, Kūdrų parkas ir t. t.), o atstumas iki miesto centro yra vienas mažiausių, lyginant su kitomis seniūnijomis. Antroje vietoje – Verkių seniūnija, trečioje vietoje – Vilkpėdės seniūnija.

Skaičiavimai parodė, kad 21 Vilniaus miesto seniūnijos vertinimai pagal ekonominius, socialinius ir aplinkos apsaugos rodiklius žymiai skiriasi. Tačiau tai yra natūralu. Pavyzdžiui, Antakalnio seniūnija ekonominėje aplinkoje įvertinta devinta, socialinėje aplinkoje yra antra, o aplinkos apsaugos srityje – aštunta. Kiekvienos aplinkos įtaka bendram vertinimo rezultatui skirtinga. 13 ekspertų ekonominės aplinkos apibendrintas reikšmingumas  $\omega_1 = 0,4231$ , socialinės aplinkos apibendrintas reikšmingumas  $\omega_2 = 0,2692$  ir aplinkos apsaugos aplinkos apibendrintas reikšmingumas  $\omega_3 = 0,3077$ . Taikant subjektyvius reikšmingumus, apjungiami atskiri MCDM metodai seniūnijoms įvertinti. Sprendimo matricių elementai dabar yra ekonominės, socialinės ir aplinkos apsaugos atskirų MCDM metodų vertinimo rodiklių reikšmės. Visų darbe taikomų metodų geriausia vertinimo reikšmė yra didžiausia, t. y. visi rodikliai yra maksimizuojamo pavidalo. Dėl šios priežasties SAW ir COPRAS metodų vertinimai sutampa. Toliau buvo atliekami ekonominės, socialinės ir aplinkos apsaugos vertinimai ir apibendrintas vertinimas pagal COPRAS, SAW, TOPSIS ir EDAS metodus. Kaip pavyzdį panagrinėkime EDAS metodu gautus rezultatus (3.13 lentelė). Rezultatai pagal COPRAS, SAW, TOPSIS buvo paskaičiuoti analogiškai (G priedas).

**3.12 lentelė.** Aplinkos apsaugos MCDM metodų skaičiavimo rezultatai (sudaryta autorės)  
**Table 3.12.** The assessment of the environmental dimension using the MCDM methods (developed by author)

Seniūnijos	COPRAS		SAW		TOPSIS		EDAS		Viečių suma	Bendra vieta	Viečia pagal viešąjį metodą	Viečia pagal Bordą	Viečia pagal Cooperland
	Reikšm.	Viečia	Reikšm.	Viečia	Reikšm.	Viečia	Reikšm.	Viečia					
Antakalnės	0,0518	7	0,0476	10	0,4717	8	0,5524	7	32	8	8	8	8
Fabijoniškės	0,0626	5	0,0589	5	0,5891	4	0,6357	5	19	5	5	5	5
Grigiškės	0,0128	21	0,0171	21	0,1214	21	0,0159	21	84	21	21	21	21
Justiniškės	0,0277	15	0,0279	15	0,3467	16	0,3344	15	61	16	16	16	16
Karoliškės	0,0453	10	0,0423	11	0,4556	9	0,4972	9	39	9	9	9	9
Lazdynai	0,0244	16–17	0,0222	18	0,3385	17	0,2738	17	68,5	17	17	17	17
Naujamiestis	0,0456	9	0,0495	9	0,4208	11	0,4126	11	40	10	10	10–11	10
Naujininkai	0,0341	13	0,0293	14	0,3815	14	0,3657	13	54	13	13	13	13
Naujoji Vilnia	0,0244	16–17	0,0240	17	0,2527	19	0,2359	19	71,5	18	19	19	19
Paneriai	0,0157	20	0,0172	20	0,1882	20	0,1360	20	80	20	20	20	12
Pašilaičiai	0,0402	11	0,0379	12	0,4093	12	0,4553	10	45	12	12	12	30
Pilaitė	0,0206	19	0,0196	19	0,3209	18	0,2682	16	72	19	18	18	18
Rasos	0,0514	8	0,0546	8	0,5101	7	0,5369	8	31	7	7	7	7
Senamiestis	0,1214	1	0,1238	1	0,9604	1	0,9997	1	4	1	1	1	1
Šeškinė	0,0621	6	0,0570	6	0,5407	6	0,6152	6	24	6	6	6	6
Verkiai	0,1016	3	0,0979	2	0,8758	2	0,9158	2	9	2	2	2	2
Vilkipėdė	0,1019	2	0,0961	3	0,8446	3	0,8835	3	11	3	3	3	3
Viršuliškės	0,0646	4	0,0625	4	0,5787	5	0,6500	4	17	4	4	4	4
Žirmūnai	0,0284	14	0,0256	16	0,3700	15	0,3385	11	56	14–15	14–15	14–15	15
Žvėrynas	0,0400	12	0,0590	7	0,4212	10	0,3887	14	43	11	11	10–11	11
Šnipiškės	0,0234	18	0,0297	13	0,3830	13	0,2725	12	56	14–15	14–15	14–15	14

**3.13 lentelė.** EDAS metodo ekonominės, socialinės ir aplinkos apsaugos vertinimai ir apibendrinti vertinimai (sudaryta autorės)

**Table 3.13.** EDAS assessments for the economic environment, the social environment, the environmental dimension and the overall rankings (developed by author)

Seniūnijos	Ekonominė aplinka $\omega_1=0,4231$	Socialinė aplinka $\omega_2=0,2692$	Aplinkos apsauga $\omega_3=0,3077$	EDAS apibendrinti vertinimai	Vieta
Antakalnis	0,5107	0,7816	0,5524	0,6888	4
Fabijoniškės	0,2910	0,2984	0,6357	0,3339	10
Grigiškės	0,4257	0,3710	0,0159	0,1469	20
Justiniškės	0,0023	0,4906	0,3344	0,0266	21
Karoliniškės	0,2217	0,3908	0,4972	0,2790	17
Lazdynai	0,3908	0,3703	0,2738	0,2826	16
Naujamiestis	0,9485	0,5575	0,4126	0,7658	3
Naujininkai	0,5235	0,0895	0,3657	0,2590	18
Naujoji Vilnia	0,5423	0,2782	0,2359	0,3042	13
Paneriai	0,6175	0,3054	0,1360	0,2951	14
Pašilaičiai	0,4462	0,3620	0,4553	0,4454	8
Pilaitė	0,4082	0,3914	0,2682	0,3081	12
Rasos	0,5201	0,1129	0,5369	0,3634	9
Senamiestis	0,7827	0,8023	0,9997	1,0000	1
Šeškinė	0,2514	0,3038	0,6152	0,2940	15
Verkių	0,5917	0,5977	0,9158	0,7978	2
Vilkpėdė	0,3947	0,5507	0,8835	0,6423	5
Viršuliškės	0,2209	0,3617	0,6500	0,3160	11
Žirmūnai	0,4402	0,5931	0,3385	0,4623	7
Žvėrynas	0,5652	0,7127	0,3887	0,6099	6
Šnipiškės	0,5737	0,0293	0,2725	0,1858	19

Remiantis EDAS metodu gautais rezultatais, pagal apibendrintus vertinimus geriausiai įvertinta Senamiesčio seniūnija, antroje vietoje – Verkių seniūnija, trečioje vietoje – Naujamiesčio seniūnija. Nors analizuojant vertinimą pagal atskiras aplinkas galima pastebėti, jog Naujamiesčio seniūnija pagal ekonominius rodiklius užėmė pirmą vietą, pagal socialinius rodiklius – dešimtą, o pagal aplinkos apsaugą – penktą vietą. MCDM metodų taikymas leidžia įvertinti kiekvienos aplinkos poveikį bendram rezultatui.

### 3.3.4. Apibendrinti Vilniaus miesto seniūnijų vertinimo rezultatai pagal vidurkio, Borda ir Copeland metodus

Atlikus daugiakriterį vertinimą pagal COPRAS, SAW, TOPSIS ir EDAS metodus, gautos skirtingos prioritetų eilutės. Norint apibendrinti gautus rezultatus, buvo panaudotas vidurkio, Borda ir Copeland metodai (Hwang, Yoon 1981;

Borda 1781; McLean 1990; Fishburn 1971; Erlandson 1978; Ustinovičius, Zavadskas 2004). 3.14 lentelėje pateiktos prioritetų eilutės pagal COPRAS, SAW, TOPSIS, EDAS bei vidurkio, Borda ir Copeland metodus.

**3.14 lentelė.** Prioritetų eilučių palyginimas (sudaryta autorės)

**Table 3.14.** The priority rankings compared (developed by author)

Seniūnijos	COPRAS prioriteto eilutė	SAW prioriteto eilutė	TOPSIS prioriteto eilutė	EDAS prioriteto eilutė	Prioriteto eilutė pagal vidurkio metodą	Prioriteto eilutė pagal Borda	Prioriteto eilutė pagal Copeland
Antakalnis	5	5	6	4	4	4	4
Fabijoniškės	9	9	11	10	10	10	10
Grigiškės	20	20	20	20	20–21	20–21	20–21
Justiniškės	19	19	21	21	20–21	20–21	20–21
Karoliniškės	17	17	19	17	18	18	18
Lazdynai	19	19	17	16	19	19	19
Naujamiestis	3	3	2	3	2	2	2
Naujininkai	13	13	13	18	14–15	14–15	14–15
Naujoji Vilnia	15	15	14	13	14–15	14–15	14–15
Paneriai	2	2	10	14	7	6–7	6–7
Pašilaičiai	16	16	12	8	13	13	13
Pilaitė	18	18	15	12	17	17	17
Rasos	8	8	9	9	8	8	8
Senamiestis	1	1	1	1	1	1	1
Šeškinė	14	14	18	15	16	16	16
Verkiai	4	4	3	2	3	3	3
Vilkipėdė	6	6	5	5	5	5	5
Viršuliškės	12	12	16	11	12	12	12
Žirmūnai	11	11	8	7	9	9	9
Žvėrynas	7	7	4	6	6	6–7	6–7
Šnipiškės	10	10	7	19	11	11	11

Apibendrinus gautus rezultatus, galima matyti, kad naudojant vidurkio, Borda ir Copeland metodus, rezultatai gaunasi vienodi. Atlikus 21 Vilniaus miesto seniūnijos vertinimą pagal COPRAS, SAW, TOPSIS ir EDAS metodus, galima teigti, jog Senamiestis yra racionaliausia seniūnija lyginant su kitomis.

### **3.4. Sveiko ir saugaus būsto daugiakriterė vertinimo sprendimų paramos ir rekomendacijų sistema: mikro lygmuo**

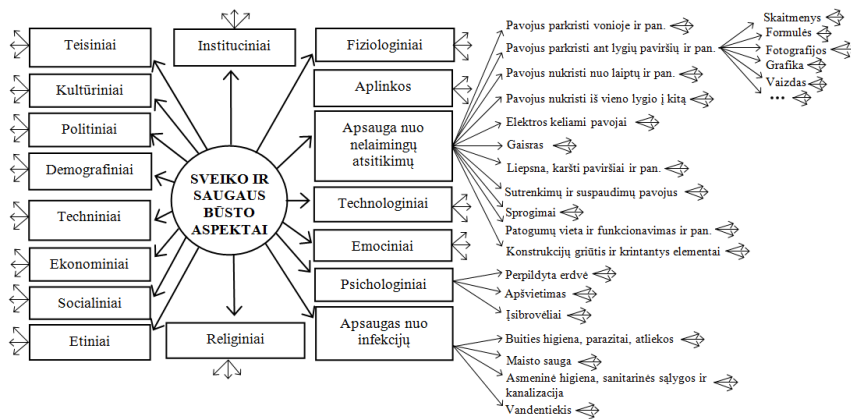
#### **3.4.1. Duomenų bazė ir duomenų bazės valdymo sistema**

Siekiant visapusiškai išnagrinėti būstą, būtina jį išnagrinėti remiantis fiziologiniais ir psichologiniais, apsaugos nuo infekcijų ir nelaimingų atsitikimų reikalavimais. Sveiko būsto analizės ir rekomendacijų teikimo aspektai bei informacijos, reikalingos sprendimams priimti, pateikimo formos pateiktos 3.5 paveiksle.

Sistemoje informacija, reikalinga sprendimams priimti, gali būti pateikta skaitmenine, tekstine, grafine (schemos, grafikai, diagramos, piešiniai, brėžiniai), formulių, fotografijos, garso, vaizdo ir kitokia forma. Pavyzdžiui, naudojant informacijos pateikimo skaitmeninę formą, pateikiama variantus išsamiai apibūdinanti rodiklių sistema, matavimo vienetai, reikšmės ir pradiniai reikšmingumai. Naudojant informacijos tekstinę formą, pateikiamas alternatyvų ir jas išsamiai apibūdinančių rodiklių koncepcinis aprašymas, priežastys ir pagrindimas, kuriais remiantis buvo nustatyti konkretūs rodiklių reikšmingumai, reikšmės ir pan.

Sveiko ir saugaus būsto suinteresuotas grupes ir veikiančią išorinę aplinką, kaip vieną visumą, aprašant skaitine ir koncepcine formomis (3.5 pav.), pateikiama sveiko ir saugaus būsto įvairius aspektus apibūdinanti informacija. Skaitinė informacija apima rodiklių sistemas, matavimo vienetų, reikšmes ir pradinius reikšmingumus, informaciją apie alternatyvių projekto variantų sudarymą. 3.5 paveiksle pateikti sveiko ir saugaus būsto analizės ir rekomendacijų teikimo aspektai bei informacijos, reikalingos sprendimams priimti, pateikimo formos. Tokiu būdu sistema sudaro sąlygas sprendimų priėmėjui gauti įvairiapusę išsamią skaitinę ir kokybinę informaciją apie būstą iš duomenų bazės bei remiantis modelių baze leidžia šiuos faktorius lanksčiai analizuoti ir įvertinti būsto sveikatingumo lygį.

Analizuojant duomenų bazės struktūrą tinkamumą sprendimų paramos sistemoms pagal sprendžiamos problemos tipą galima išskirti skirtingą jų naudojimo efektyvumo lygį. Yra trys fundamentinės duomenų bazės struktūros: hierarchinė, tinklinė ir reliacinė. Sistemoje naudojama reliacinė duomenų bazės struktūra. Reliacinėje duomenų bazėje informacija saugoma lentelių forma. Kiekvienai lentelei suteikiamas vardas, kuriuo ji saugoma kompiuterio išorinėje atmintyje kaip atskiras failas. Bendri šių lentelių indeksai jas tarpusavyje logiškai susieja. Taip logiškai susietų lentelių visuma ir sudaro reliacinį modelį.



**3.5. pav.** Sveiko ir saugaus būsto analizės ir rekomendacijų teikimo aspektai bei informacijos, reikalingos sprendimams priimti, pateikimo formos (sudarytas autorės)

**Fig. 3.5.** Aspects of healthy and safe home analysis and recommendations provision, and forms of information presentation needed for decision making (developed by author)

Sveiko ir saugaus būsto daugiakriterės vertinimo sprendimų paramos ir rekomendacijų sistemos duomenų bazė sudaryta iš tokių lentelių:

- I. Fiziologiniai reikalavimai:
  1. Drėgmė ir pelėsis;
  2. Per didelis šaltis;
  3. Per didelis karštis;
  4. Asbestas ir dirbtiniai mineraliniai pluoštai;
  5. Biocidai;
  6. Anglies viendeginis ir kuro degimo produktai;
  7. Švinas;
  8. Radiacija;
  9. Nesudegusios dujos;
  10. Lakieji junginiai.
- II. Psichologiniai reikalavimai:
  11. Perpildyta erdvė;
  12. Įsibrovėliai;
  13. Apšvietimas;
  14. Triukšmas.
- III. Apsauga nuo infekcijų:
  15. Buities higiena, parazitai ir atliekos;
  16. Maisto sauga;

17. Asmens higiena, sanitarinės sąlygos ir kanalizacija;
18. Vandentiekis.
- IV. Apsauga nuo nelaimingų atsitikimų:
  19. Pavojus parkristi vonioje ir pan.;
  20. Pavojus parkristi ant lygių paviršių ir pan.;
  21. Pavojus nukristi nuo laiptų ir pan.;
  22. Pavojus nukristi iš vieno lygio į kitą;
  23. Elektros keliami pavojai;
  24. Gaisras;
  25. Liepsna, karšti paviršiai ir pan.;
  26. Sutrenkimų ir suspaudimų pavojus;
  27. Sprogimai;
  28. Patogumų vieta ir funkcionavimas ir pan.;
  29. Konstrukcijų griūtis ir krintantys elementai.

### 3.4.2. Modelių bazė ir modelių bazės valdymo sistema

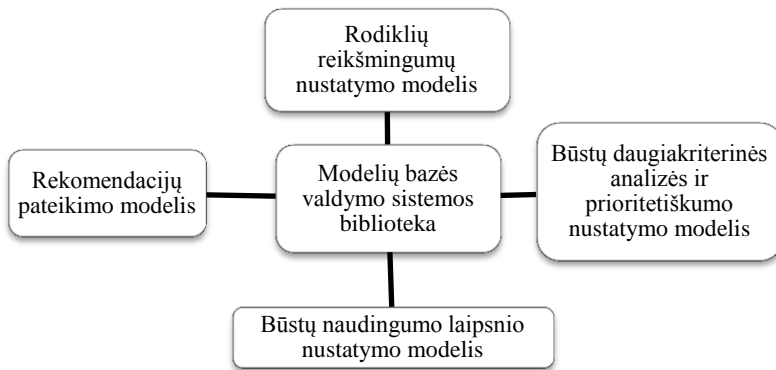
Modelių bazės valdymo sistema (MBVS) atlieka panašų vaidmenį su modeliais, kaip duomenų bazės valdymo sistema su duomenimis. Naudojantis modelių bazės valdymo sistema pagal vartotojo poreikį taikomi įvairūs modeliai (sprendimų alternatyvų ir kt. ekspertinio įvertinimo, statistinės analizės, ekonometriniai, imitaciniai, tiesinio ir dinaminio programavimo, tinklinio planavimo ir valdymo ir pan.), jų darbo metu gaunami rezultatai gali būti pradiniai kitų modelių duomenys. Duomenys, gaunami realizuojant vienus modelius, funkcionuoja visoje sistemoje ir naudojami kituose, turi būti pateikiami pagal konkretų formatą, o modeliai tarpusavyje yra labai susiję.

Modelių bazės valdymo sistema sudaro geras sąlygas vartotojui naudotis modelių biblioteka. Ši biblioteka suteikia galimybę vartotojui naudoti platų spektrą statistinių, finansinių, vadybinių ir kitų modelių konkrečioms problemoms spręsti. Kadangi būstas vertinamas remiantis fiziologiniais ir psichologiniais reikalavimais, apsaugos nuo infekcijų ir nelaimingų atsitikimų, todėl tarp sprendimų paramos sistemos modelių turi būti modeliai, padedantys sprendimų priėmėjui atlikti šių variantų kompleksinę analizę ir priimti sprendimą. Sistemoje šią funkciją atlieka tokie modelių bazę sudarantys modeliai:

1. Rodiklių reikšmingumų nustatymo modelis.
2. Būstų daugiakriterės analizės ir prioritetiškumo nustatymo modelis.
3. Būstų naudingumo laipsnio nustatymo modelis.
4. Rekomendacijų pateikimo modelis.

Pagal šiuos modelius automatizuotu būdu galima atlikti daugiakriterę analizę ir išrinkti efektyviausius variantus. Modelių bazės valdymo sistemos biblioteka pateikta 3.6 paveiksle.





**3.6 pav.** Modelių bazės valdymo sistemos biblioteka (sudarytas autorės)

**Fig. 3.6.** Model base management system library (developed by author)

Sprendimų sistemose naudojami tiek kiekybiniai, tiek kokybiniai modeliai. Kiekybinių modelių padedama sistema analizuoja kiekybinius duomenis (temperatūra, drėgmė, statybos metai ir pan.), kurių dydžius galima nustatyti objektyviai. Kokybiniai modeliai padeda priimti sprendimus, kai nėra vieno bendro alternatyvų pranašumo mato. Tada jų alternatyvos vertinamos pagal kelis rodiklius, atsižvelgiant į specialistų (ekspertų) žinias.

Naudojant modelių bazės valdymo sistemą vienų modelių (pradinių rodiklių reikšmingumų nustatymo) skaičiavimo rezultatai tampa kitų modelių (būstų daugiakriterinės analizės) pradiniais duomenimis, o šių modelių rezultatai tampa dar kitų modelių (būstų naudingumo laipsnio nustatymo, rekomendacijų pateikimo) išeities duomenimis. Sistema, remdamasi šiais modeliais, automatizuotai atlieka variantų daugiakriterę analizę, nustato naudingumo laipsnį ir sveikumo klasę.

Kaip matome, vartotojas, naudodamasis duomenų bazės valdymo sistemos teikiama skaitmenine, tekstine, grafine, garso, vaizdo informacija ir modelių bazės valdymo sistema, gali sudaryti ir visapusiškai išanalizuoti nagrinėjamas alternatyvas (t. y. kompleksiškai įvertinti jas apibūdinančią rodiklių sistemą, rodiklių reikšmes ir reikšmingumus) ir priimti sprendimus.

### 3.4.3. Sveiko ir saugaus būsto daugiakriterio vertinimo posistemis

Anglijos sveiko ir saugaus būsto vertinimo standartas yra įrankis, padedantis valdžioms institucijoms ar kitoms suinteresuotoms grupėms identifikuoti ir apsaugoti gyventojus nuo kylančių rizikų ir pavojų sveikatai ir saugumui. Šis standartas yra efektyviai taikomas Anglijoje ir Velse.

Pagal Anglijos sveiko ir saugaus būsto vertinimo standartą, kiekvienas rodiklis vertinamas 4 balų skalėje (3 – bloga, 2 – vidutiniška, 1 – patenkinama, 0 arba balas neskiriamas (–), kai būklė gera). Siekiant šią balų skalę integruoti į sveiko ir saugaus būsto sprendimų paramos sistemą, būsto rodikliai taip pat vertinami 4 balų skalėje, kai:

- 4 balai – būklė bloga;
- 3 balai – būklė patenkinama;
- 2 balai – būklė vidutiniška;
- 1 balas – būklė gera.

Rodiklių reikšmingumai nustatyti pagal subjektyvų vertinimą, priimant prielaidą, jog pats gyventojas, atlikdamas daugiakriterę sveiko ir saugaus būsto analizę, geriausiai gali nuspręsti, kuris rodiklis vertinimui jam yra reikšmingesnis.

Atliekant sveiko ir saugaus būsto daugiakriterę analizę, vertinama alternatyva yra lyginama su etaloniniu būstu, t. y. geriausiai atitinkanti alternatyva pagal sudarytą rodiklių sistemą (naudingumo laipsnis sudaro 100 %). Remiantis COPRAS metodu apskaičiuotu naudingumo laipsniu, vertinama alternatyva priškiama sveikumo klasei:

- A – reikalavimai tenkinami labai gerai;
- B – reikalavimai tenkinami gerai;
- C – reikalavimai tenkinami vidutiniškai;
- D – reikalavimai tenkinami patenkinamai;
- E – reikalavimai netenkina sveiko ir saugaus būsto reikalavimų.

Priklausomai kaip vertinamas būstas atitinka keliamus rodiklių reikalavimus, būstas yra įvertinamas balais. Visi šie rodikliai turi tenkinti higienos normų ir STR reikalavimus, kuriuose nurodyti ribiniai dydžiai, t. y. mokslinių tyrimų nustatytos ribinės reikšmės, nedarančios žalingo poveikio žmonių sveikatai. Tačiau, vertinamame būste vieni rodikliai gali tenkinti tik ribinius higienos normų ir STR reikalavimus, o kiti būti žymiai geresni. Būstas, kurį apibūdinantys rodikliai tenkina tik ribinius higienos normų ir STR reikalavimus bus D klasės (61–70 %), kadangi pablogėjus sąlygoms (pavyzdžiui, dėl netinkamo pastatų ūkio valdymo, pastato nusidėvėjimo) būstas kels pavojų žmogaus sveikatai bei saugumui ir atitiks E klasę (0–60 %). Būstas, kurį apibūdinantys rodikliai priartės prie etaloninio būsto charakteristikų, t. y. atitiks didesnius nei higienos normų ir STR ribinius reikalavimus, bus A klasės ir jo sveikatingumo laipsnis bus 91–100 %. Visi kiti būstai priklausys B (81–90 %), C (71–80 %) klasėms.

Sveiko ir saugaus būsto daugiakriterės analizės matrica pateikta nuorodoje: <http://iti.vgtu.lt/sveikasbustasi/simpletable.aspx?sistemid=602>. Pasirinkus objektų grupes būstas gali būti įvertintas pagal kiekvieną 29 rodiklių grupę (3.7 pav.) arba gali būti atliktas kompleksinis visų 29 rodiklių vertinimas naudojant „Lentelių sujungimas“ funkcija (3.8 pav.). Vertinant būstą pagal atskiras 29 rodiklius

grupės, vartotojas turi pasirinkti jį dominantį rodiklį, pvz., drėgmė ir pelėsis. Tuomet sistema pateikia šią grupę apibūdinančią rodiklių sistemą pagal Anglijos sveiko ir saugaus būsto vertinimo standartą. Jeigu vartotojas nori atlikti vertinimą kompleksiskai, atsižvelgiant į visas rodiklių grupes, tuomet naudojama funkcija „Lentelių sujungimas“. Sujungus visas 29 rodiklių grupes, sistema pateikia sveikumo klasę (bei naudingumo laipsnį) atsižvelgiant į visus nagrinėjamus sveiko ir saugaus būsto parametrus.

Sistemos aprašas      Alternatyvų aprašymas      Kelių alternatyvų vertinimo rezultatai      Lentelių sujungimas      Rekomendacijos vartotojui

Skaiciavimo laikas: 0,8155484

Pasirinkite objektų grupę

1 Dėgmė ir pelėsis
1 Dėgmė ir pelėsis
2 Per žema temperatūra
3 Per didelės karštis
4 Asbestas ir dirbtiniai mineraliniai pluoštai
5 Biocidai
6 Anglies viendeginis ir kuro degimo produktai
7 Švinas
8 Radiacija
9 Nesudegusios dujos
10 Lakieji organiniai junginiai
11 Perpildyta erdvė
12 Įsibrovėliai
13 Apšvietimas
14 Triukšmas
15 Buities higiena, parazitai ir atliekos
16 Maisto sauga
17 Asmens higiena, sanitarinės sąlygos ir kanalizacija
18 Vandentiekis
19 Pavojus parkristi vonioje
20 Pavojus parkristi ant lygių paviršių ir pan.
Ištraukiamoji ventiliacija - balai
Rūbų džiovintuvai - balai

**3.7 pav.** Sveiko ir saugaus būsto daugiakriterės analizės sistemos matricos pagal 29 rodiklių grupes (sudarytas autorės)

**Fig. 3.7.** The matrix of the multiple criteria analysis system for healthy and safe homes, 29 categories of criteria (developed by author)

Daugiakriteriai analizei atlikti buvo pasirinkti du objektai iš pateiktų Anglijos sistemos vertinimo pavyzdžių. Remiantis jų vertinimo duomenimis, buvo sudarytos pradinės duomenų matricos ir atliktas daugiakriteris vertinimas COPRAS metodu. Pirmasis objektas (*Bristol City Council*) yra dviejų aukštų vidurinis kotedžas, pastatytas 1910 m., antrasis – dviejų aukštų kotedžas, pastatytas 1920 m. Abiejų objektų aprašymai pateikti matricoje. Kaip pavyzdys atlikta pavojaus nukristi nuo laiptų daugiakriterė analizė šiuose dviejuose būstuose.

Sistemos aprašas

Alternatyvų aprašymas

Kelių alternatyvų vertinimo rezultatai

Lentelių sujungimas

Rekomendacijos vartotojui

Pasirinkite objektų grupę

Objektų grupės skaičiavimams

1 Drėgmė ir pelėsis  
2 Per žema temperatūra  
3 Per didelis karštis  
4 Asbestas ir dirbtiniai mineraliniai pluoštai  
5 Biocidai  
6 Anglies viendeginis ir kuro degimo produktai  
7 Švinas  
8 Radiacija  
9 Nesudegusios dujos  
10 Lakieji organiniai junginiai  
11 Perpildyta erdvė  
12 Įsibrovėliai  
13 Apšvietimas  
14 Triukšmas  
15 Buities higiena, parazitai ir atliekos  
16 Maisto sauga  
17 Asmens higiena, sanitarinės sąlygos ir kanalizacija  
18 Vandentiekis

Įtraukti

Pašalinti

Atlikti skaičiavimus

Kiekybinė ir kokybinė informacija susijusi su alternatyvomis

Kriterijai apibūdinantys alternatyvas	Matavimo vienetai	Kriterijaus svoris (svertinis koeficientas)	Palygintos alternatyvos		
			Vertinamas būstas (Bristol City Council)	Vertinamas būstas (CLG)	Sveiko ir saugaus būsto etalonas
Drėgmės didėjimas	- balai	0,05	0,0222 AVG MIN	0,0222 AVG MIN	0,0056 AVG MIN
Aplinkos didelė drėgmė	- balai	0,05	0,025 AVG MIN	0,0188 AVG MIN	0,0062 AVG MIN

...

Elemento dydis/svoris	- balai	0,0015	0,0004 AVG MIN	0,0009 AVG MIN	0,0002 AVG MIN
Suma svertinių koeficientų normalizuotų maksimizuotų (projekto pliusų) projekto pliusų susijusių su alternatyvomis			0,103	0,094	0,1114
Suma svertinių koeficientų normalizuotų minimizuotų (projekto minusų) susijusių su alternatyvomis			0,5376	0,7259	0,3374
Alternatyvos reikšmingumas			0,5832	0,4496	0,8765
Alternatyvos prioritetiškumas			2	3	1
Alternatyvos naudingumo laipsnis, (%)			66,54%	51,29%	100%

\*- Simbolis „+ (-)“ parodo, kad didesnė (mažesnė) kriterijaus reikšmė atitinka didesnę (mažesnę) sveikumą vartotojui (suinteresuotoms grupėms)

**3.8 pav.** Lentelių sujungimo įrankis (sudarytas autorės)  
**Fig. 3.8.** Combination of tables tool (developed by author)

Pradinių duomenų matrica pateikta 3.15 lentelėje. Du būstai lyginami su etaloniniu pagal pavojaus nukristi nuo laiptų rodiklių sistemą.

Atlikus daugiakriterę analizę (3.16 lentelė) nustatytas alternatyvos reikšmingumas ir sveikumo klasė. Pagal skaičiavimus matyti, jog abi lyginamos alternatyvos su sveiko ir saugaus būsto etalonu įvertintos E sveikumo klase, t. y. reikalavimai netenkina sveiko būsto reikalavimų. Sudaryta alternatyvų prioriteto eilutė ( $Q_3 > Q_1 > Q_2$ ).

**3.15 lentelė.** Pavojaus nukristi nuo laiptų pradinių duomenų matrica (sudaryta autorės)  
**Table 3.15.** Initial data matrix for falling on stairs (developed by author)

Skaitinė ir kokybinė informacija susijusi su alternatyvomis						
Rodikliai apibūdinantys alternatyvas	*	Mat. vnt.	Rodiklio reikšmingumas	Palygintos alternatyvos		
				Vertinamas būstas ( <i>Bristol City Council</i> )	Vertinamas būstas (CLG)	Sveiko ir saugaus būsto etalonas
1	2	3	4	5	6	7
Pakopų plotis	-	balai	0,001	2	1	1
Pakopos aukštis	-	balai	0,001	4	1	1
Pakopos pločio ir aukščio svyravimas	-	balai	0,0007	4	1	1
Apsauginių apkaustų ilgis	-	balai	0,006	1	1	1
Slidus laiptų paviršius	-	balai	0,006	4	1	3
Tarpai tarp laiptų ir turėklų	-	balai	0,009	1	1	4
Kintančios pakopos	-	balai	0,0008	1	1	1
Turėklų nebuvimas	-	balai	0,009	4	1	1
Turėklų aukštis	-	balai	0,0007	4	1	1
Apsauginio aptvaro nebuvimas	-	balai	0,0007	4	1	4
Apsauginio aptvaro aukštis	-	balai	0,0006	4	1	1
Apsauga padedanti užlipti laiptais	-	balai	0,0006	1	1	4
Laiptų plotis	-	balai	0,0008	3	1	1
Laiptatakio ilgis	-	balai	0,0007	1	1	1
Neatitinkantis reikalavimų apšvietimas	-	balai	0,009	4	1	3
Apšvietimo mygtukai	-	balai	0,0008	4	1	4
Akinantis apšvietimas	-	balai	0,008	4	1	3
Durys laiptų pabaigoje/ pradžioje	-	balai	0,0007	1	1	1
Neatitinkanti reikalavimų laiptų aikštelė	-	balai	0,0006	4	1	1
Laiptų nuolydis	-	balai	0,0007	1	1	1

3.15 lentelės pabaiga

1	2	3	4	5	6	7
Išsikišimai ir kt.	-	balai	0,0006	1	1	1
Kieti paviršiai	-	balai	0,0008	3	1	3
Netinkama konstrukcija/reikalingas remontas	-	balai	0,0006	3	1	1
Šilumos našumas	+	balai	0,0005	1	4	4

\* – Simbolis „+(-)“ parodo, kad didesnė (mažesnė) rodiklio reikšmė atitinka didesnį (mažesnį) sveikumą vartotojui (suinteresuotoms grupėms)

### 3.16 lentelė. Pavojaus nukristi nuo laiptų daugiakriterė analizė (sudaryta autorės)

**Table 3.16.** Multiple criteria analysis of the hazard of falling on stairs  
(developed by the author)

Skaitinė ir kokybinė informacija susijusi su alternatyvomis						
Rodikliai apibūdinantys alternatyvas	*	Mat. vnt.	Rodiklio reikšmingumas	Palygintos alternatyvos		
				Vertinamas būstas ( <i>Bristol City Council</i> ) ( $a_1$ )	Vertinamas būstas (CLG) ( $a_2$ )	Sveiko ir saugaus būsto etalonas ( $a_3$ )
1	2	3	4	5	6	7
Pakopų plotis	-	balai	0,001	0,0002	0,0005	0,0002
Pakopos aukštis	-	balai	0,001	0,0002	0,0007	0,0002
Pakopos pločio ir aukščio svyravimas	-	balai	0,0007	0,0001	0,0005	0,0001
Apsauginių apkaustų ilgis	-	balai	0,006	0,002	0,002	0,002
Slidus laiptų paviršius	-	balai	0,006	0,0023	0,003	0,0008
Tarpai tarp laiptų ir turėklų	-	balai	0,009	0,006	0,0015	0,0015
Kintančios pakopos	-	balai	0,0008	0,0003	0,0003	0,0003
Turėklų nebuvimas	-	balai	0,009	0,0015	0,006	0,0015
Turėklų aukštis	-	balai	0,0007	0,0001	0,0005	0,0001
Apsauginio aptvaro nebuvimas	-	balai	0,0007	0,0003	0,0003	0,0001
Apsauginio aptvaro aukštis	-	balai	0,0006	0,0001	0,0004	0,0001
Apsauga padedanti užlipti laiptais	-	balai	0,0006	0,0004	0,0001	0,0001

3.16 lentelės pabaiga

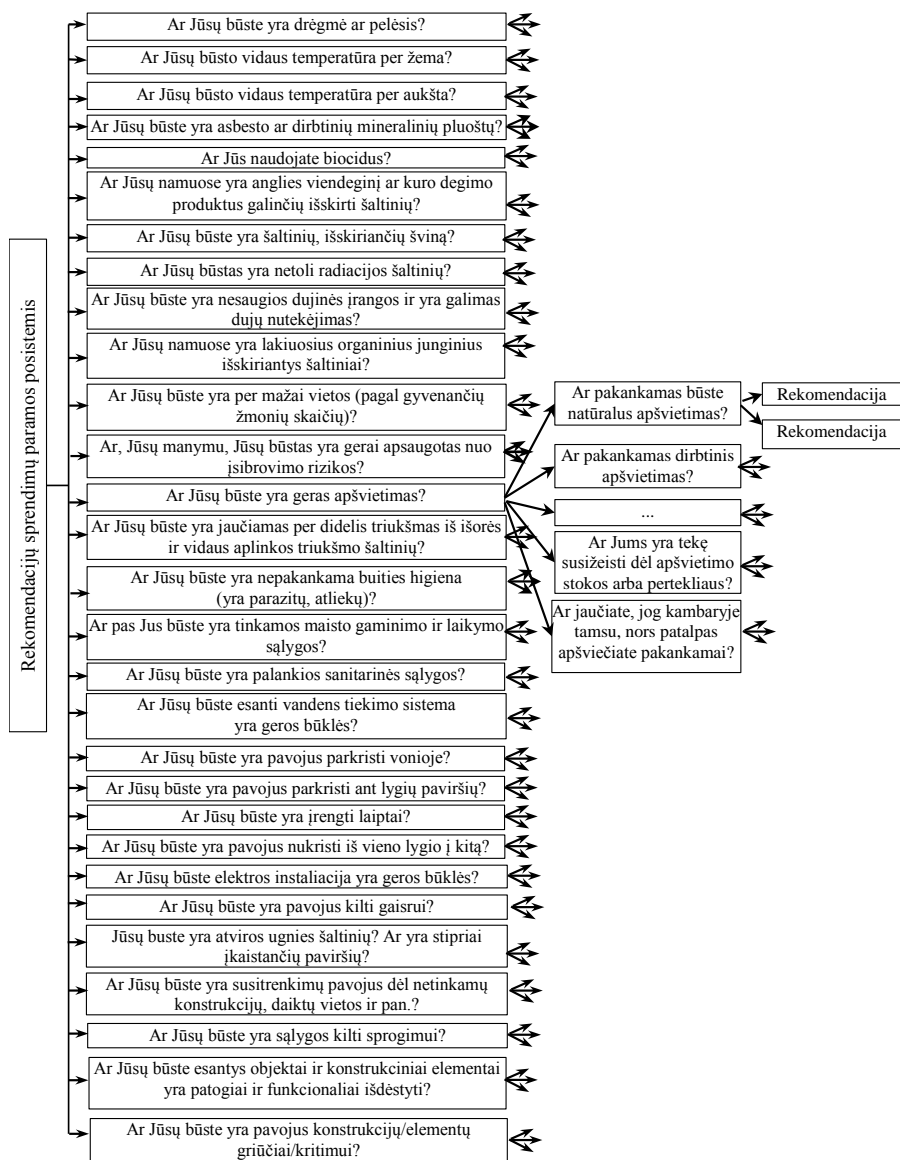
1	2	3	4	5	6	7
Laiptų plotis	-	balai	0,0008	0,0002	0,0005	0,0002
Laiptatakio ilgis	-	balai	0,0007	0,0002	0,0002	0,0002
Neatitinkantis reikalavimų apšvietimas	-	balai	0,009	0,0034	0,0045	0,0011
Apšvietimo mygtukai	-	balai	0,0008	0,0004	0,0004	0,0001
Akinantis apšvietimas	-	balai	0,008	0,003	0,004	0,001
Durys laiptų pabaigoje/pradžioje	-	balai	0,0007	0,0002	0,0002	0,0002
Neatitinkanti reikalavimų laiptų aikštelė	-	balai	0,0006	0,0001	0,0004	0,0001
Laiptų nuolydis	-	balai	0,0007	0,0002	0,0002	0,0002
Išsikišimai ir kt.	-	balai	0,0006	0,0002	0,0002	0,0002
Kieti paviršiai	-	balai	0,0008	0,0003	0,0003	0,0001
Naudos rodiklių suma				0,0002	0,0001	0,0002
Kaštų rodiklių suma				0,0218	0,0271	0,0105
Alternatyvos reikšmingumas (Q)				0,0155	0,0124	0,032
Būsto sveikumo klasė (pagal naudingumo laipsnį (N))				E (48,49 %)	E (38,82 %)	A (100 %)

Kadangi įvertintos alternatyvos netenkina saugiam ir sveikam būstui keliamų reikalavimų, sudarytas rekomendacijų posistemis (3.4.4 poskyris) suteikia galimybę gyventojui, būsto savininkui ar kitoms suinteresuotoms šalims pagerinti gyvenimo sąlygas ir sumažinti riziką.

#### 3.4.4. Sveiko ir saugaus būsto rekomendacijų posistemis

Atsižvelgiant į daugiakriterio vertinimo rezultatus, vartotojas gali gauti rekomendacijas, kaip pagerinti gyvenimo sąlygas ir sumažinti pavojaus riziką būste. Sveiko ir saugaus būsto rekomendacijų posistemo nuoroda: <http://iti.vgtu.lt/ilearning/kapateikti.aspx>. Posistemis taip pat sudaryta remiantis Anglijos sveiko ir saugaus būsto vertinimo standartu.

Sveiko ir saugaus būsto rekomendacijų posistemo reliacinės duomenų bazės tarpusavio ryšiai pateikti 3.9 paveiksle, o rekomendacijų teikimo eiga – 3.10 paveiksle.

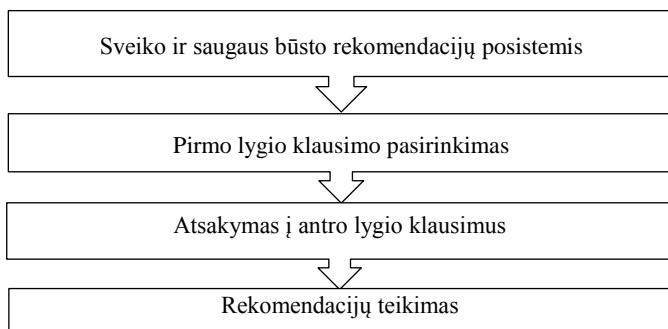


**3.9 pav.** Sveiko ir saugaus būsto rekomendacijų posistemio reliacinės duomenų bazės tarpusavio ryšiai (sudarytas autorės)

**Fig. 3.9.** The interrelationship of relational database tables of health and safety home recommendation subsystem (developed by author)



Sveiko ir saugaus būsto rekomendacijų posistemio duomenų bazėje rekomendacijos yra susijusios su keliama pavojų būste rizika remiantis Anglijos sveiko ir saugaus būsto standartu. Sudarytas pirmo lygio klausimynas pagal 29 rodiklių grupes, kuris skaidomas į antro lygio klausimus, siekiant tiksliau identifikuoti problemos šaltinį ir geriau atrinkti rekomendacijas iš patarimų duomenų bazės. Vartotojas, pasirinkęs pirmo lygio klausimą, nukreipiamas į antro lygio klausimus. Atsakant „Taip“ ar „Ne“, identifikuojamas sveiko ir saugaus būsto rizikos faktorius bei pateikiamos rekomendacijos, kaip mažinti pavojaus riziką (3.10 pav.).



**3.10 pav.** Rekomendacijų teikimo eiga (sudarytas autorės)

**Fig. 3.10.** The process of recommendation provision (developed by author)

Sveiko ir saugaus būsto rekomendacijų posistemio pritaikomumui, kaip pavyzdį, panagrinėkime sveiko ir saugaus būsto grupės „Apsauga nuo nelaimingų atsitikimų“ rodiklį „Pavojų nukristi nuo laiptų“, kuris taip pat buvo nagrinėtas atliekant daugiakriterę analizę. Laiptai yra priskiriami prie gyventojo padidinto saugumo rizikos grupės ir yra aktualūs, kadangi didžioji dalis privačių namų, kotedžų ir dalis butų turi įsirengę laiptus. Tad labai svarbūs aspektai, tokie kaip apšvietimas, danga, aukštis ir pan., turi didelę įtaką saugumui.

Rekomendacijų posistemio pagrindiniame lange pateikiami 29 pirmo lygio klausimai (3.11 pav.). Vartotojas gali pasirinkti jį dominantį aspektą (šiuo atveju pasirenkamos rekomendacijos, susijusios su laiptais). Siekiama sužinoti, kaip galima sumažinti riziką nukristi nuo laiptų ir pagerinti namo saugumą. Vartotojas vienu pelės paspaudimu pasirenka klausimą „Ar Jūsų būste yra įrengti laiptai?“. Toliau jam pateikiami antro lygio klausimai, kurie padeda identifikuoti pagrindines rizikos priežastis (pvz., laiptų pakopos neatitinka reikalavimų, nėra turėklų ir pan.) (3.12 pav.).

Ar Jūsų būste yra drėgmė ar pelėsis?

Ar Jūsų būsto vidaus temperatūra per žema?

Ar Jūsų būsto vidaus temperatūra per aukšta?

Ar Jūsų būste yra asbesto ar dribtinių mineralinių pluoštų?

Ar Jūs naudojate biocidus?

Ar Jūsų namuose yra anglies viendeginį ar kuro degimo produktus galinčių išskirti šaltinių?

Ar Jūsų būste yra šaltinių, išskiriančių šviną?

Ar Jūsų būstas yra netoli radiacijos šaltinių?

Ar Jūsų būste yra nesaugios dujinės įrangos ir yra galimas dujų nutekėjimas?

Ar Jūsų namuose yra lakiuosius organinius junginius išskiriantys šaltiniai?

Ar Jūsų būste yra per mažai vietos (pagal gyvenančių žmonių skaičių)?

Ar Jūsų namų, Jūsų būstas yra gerai apsaugotas nuo įsibrovimo rizikos?

Ar Jūsų būste yra geras apšvietimas?

Ar Jūsų būste yra jaučiamas per didelis triukšmas iš išorės ir vidaus aplinkos triukšmo šaltinių?

Ar Jūsų būste yra nepakankama buities higiena (yra parazitų, atliekų)?

Ar pas Jus būste yra tinkamos maisto gaminimo ir laikymo sąlygos?

Ar Jūsų būste yra palankios sanitarinės sąlygos?

Ar Jūsų būste esanti vandens tiekimo sistema yra geros būklės?

Ar Jūsų būste yra pavojus parkristi vonioje?

Ar Jūsų būste yra pavojus ant lygių paviršių?

Ar Jūsų būste yra įrengti laiptai?

Ar Jūsų būste yra pavojus nukristi iš vieno lygio į kitą?

Ar Jūsų būste elektros instaliacija yra geros būklės?

Ar Jūsų būste yra pavojus kilti gaisrui?

Jūsų būste yra atviros ugnies šaltinių? Ar yra stipriai įkaistančių paviršių?

Ar Jūsų būste yra susitrenkimų pavojus dėl netinkamų konstrukcijų, daiktų vietos ir pan.?

Ar Jūsų būste yra sąlygos kilti sprogimui?

Ar Jūsų būste esantys objektai ir konstrukciniai elementai yra patogiai ir funkcionaliai išdėstyti?

Ar Jūsų būste yra pavojus konstrukcijų/elementų griūčiai/kritimui?

Ar pro Jūsų gyvenamąją vietą eina elektros linijos?

Ar Jūsų namuose yra prietaisų ar įrenginių?

Ar Jūsų būste yra pavojus ant lygių paviršių?

**Ar Jūsų būste yra įrengti laiptai?**

Ar Jūsų būste yra pavojus nukristi iš vieno lygio į kitą?

Ar Jūsų būste elektros instaliacija yra geros būklės?

**3.11 pav.** Rekomendacijų posistemio pirmo lygio klausimai (sudaryta autorės)  
**Fig. 3.11.** The level-one questions from the recommender subsystem  
 (developed by the author)

Ar Jūsų būste yra įrengti laiptai?

Ne ☐ Ar laiptų konstrukcijų išmatavimai (pakopų aukštis, plotis, ilgis) atitinka reikalavimus?

Ne ☐ Ar laiptams įrengti apsauginiai turėklai?

Taip ☐ Ar laiptakiai yra slidūs?

Ne ☐ Ar laiptai nepakankamai gerai apšviesti?

Gauti patarimus

**3.12 pav.** Rodiklio „Pavojus nukristi nuo laiptų“ antro lygio klausimai  
 (sudaryta autorės)  
**Fig. 3.12.** The level-two questions for the criterion “Falling on stairs”  
 (developed by the author)

Atsakius į antro lygio klausimus, pateikiamos rekomendacijos (3.13 pav.), kaip pagerinti laiptų kokybę ir kokias priemones taikyti didinant saugumą naudojantis laiptais.

#### Ar Jūsų būste yra įrengti laiptai?

Kai vienoje arba abiejose laiptų pusėse nėra sienos, reikia apsauginės tvorelės (pvz., balustrados), kad nebūtų galima nukristi per laiptų šoną. Apsauginę tvorelę reikia suprojektuoti ir pastatyti taip, kad vaikams būtų nepatogu ja laipti.

*Šaltinis: The Office of the Deputy Prime Minister 2006. Housing health and safety rating system: operating guidance, Office of the Deputy Prime Minister: London, 185 p.*

Turėklai padeda lipant tiek aukštyn, tiek žemyn, jų galima įsitverti kluptelėjus, tad jie gali padėti išvengti kritimo. Saugiausias variantas – turėklai abiejose laiptų pusėse. Turėklų aukštis turi būti 900–1000 mm, matuojant nuo turėklų viršaus iki laiptų nuolydžio linijos arba grindų. Turėklai turi būti lengvai sugriebiamos formos ir tęstis per visą laiptų ilgį.

*Šaltinis: The Office of the Deputy Prime Minister 2006. Housing health and safety rating system: operating guidance, Office of the Deputy Prime Minister: London, 185 p.*

**3.13 pav.** Fragmentas iš pateiktų rekomendacijų, kaip pagerinti „Pavojus nukristi nuo laiptų“ rodiklį (sudaryta autorės)

**Fig. 3.13.** Recommendations fragment how to improve the criterion “Falling on stairs” (developed by the author)

Apibendrinus galima teigti, kad sukurtas rekomendacijų posistemis pagal užsienio šalių patirtį leidžia įvertinti būste kylančias grėsmes. Sveiko ir saugaus būsto daugiakriterė vertinimo sprendimų paramos ir rekomendacijų sistema suteikia galimybę padidinti būsto sveikumo klasę, siekiant sumažinti susižalojimų riziką.

## 3.5. Trečiojo skyriaus išvados

1. Siekiant pagerinti gyvenamosios aplinkos sveikatos rizikos veiksnių valdymą bei parengti gyvenamosios aplinkos sveikatos rizikos veiksnių valdymo tobulinimo priemones pasiūlytas sveiko ir saugaus būsto koncepcinis vertinimo modelis.
2. Naudojant INVAR metodą, galima:
  - a) sudaryti skaitmenines rekomendacijas, siekiant pagerinti gyvenimo kokybę. Atlikus atvejo analizę pagal užterštumo rodiklį, nustatyta, kad Vilniaus mieste užterštumą sumažinus 53,41 %, gyvenimo kokybės indeksas padidėtų 8,9758 %;

- b) optimizuoti pasirinktą rodiklio reikšmę. Atvejo analizėje išspręstas uždavinys optimizuojant Vilniaus miesto hipotetinį nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydį, siekiant, jog šio miesto naudingumo laipsnis taptų lygus Talino miesto naudingumo laipsniui. Nustatyta, jog sumažinus Vilniaus miesto hipotetinį nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydį 30,13 %, gyvenimo kokybė tampa lygi Talino miestui;
  - c) nustatyti, koks turi būti Vilniaus miesto hipotetinis nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydis, kad jis patektų tarp dešimties geriausių Europos miestų pagal gyvenimo kokybės indeksą. Atlikus analizę, nustatyta, jog nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydis turi būti sumažintas 51 %, norint, jog Vilniaus miestas pakliūtų tarp 5 geriausių Europos miestų.
3. Atliekant sveiko ir saugaus būsto mezo aplinkoje skaičiavimus, rodiklių objektyvūs reikšmingumai nustatyti pagal entropijos, CILOS ir IDOCRIW metodus. Subjektyvūs reikšmingumai nustatyti remiantis ekspertiniu vertinimu, kuriame dalyvavo 13 ekspertų. Visuose vertiniuose nuomonės buvo suderintos. Apjungiant objektyvių ir subjektyvių reikšmingumų rezultatus, gaunami apibendrinti reikšmingumai, kurie patikimiau leidžia įvertinti rodiklių reikšmingumą darnios plėtros kontekste.
  4. Mezo lygmenyje nagrinėjant ekonominę aplinką, kaina ir gyventojų tankumas turi didžiausią įtaką sveikos ir saugios užstatytos aplinkos vertinimui. Socialinės aplinkos rodiklių grupėje didžiausią įtaką turi gydymo įstaigų skaičius ir nusikaltimų skaičius. Analizuojant aplinkos apsaugos rodiklius, žalios erdvė bei oro tarša turi didžiausią įtaką vertinimui.
  5. Apskaičiuoti bendri Vilniaus miesto seniūnijų vertinimai pagal COPRAS, SAW, TOPSIS ir EDAS metodus. Sudarytos prioritetų eilutės, kurių rezultatai skiriasi. Gauti rezultatai apdoroti vidurkio, Borda ir Copeland metodais. Visais trimis metodais rezultatai yra vienodi. Galima teigti, jog Senamiesčio seniūnija yra racionaliausia lyginant su kitomis Vilniaus miesto seniūnijomis.

---

## Bendrosios išvados

1. Sveiko ir saugaus būsto vertinimas atliktas makro, mezo ir mikro lygmenyse, nes sveiko ir saugaus būsto efektyvumas priklauso nuo skirtingų suinteresuotų šalių tikslų, priimamų sprendimų bei išorinės makro, mezo ir mikro aplinkos veiksnių.
2. Sveikas ir saugus būstas turi būti analizuojamas holistiniu požiūriu atsižvelgiant į darnios užstatytos aplinkos plėtros principus. Sveika ir saugi aplinka neatsiejama nuo darnios bendruomenės kūrimo. Sudarytas sveiko ir saugaus būsto koncepcinis vertinimo modelis leidžia atlikti daugiakriterę analizę, kompleksiskai vertinant sveiką ir saugų būstą, jame dalyvaujančias ir savo tikslus siekiančias įgyvendinti suinteresuotas grupes bei išorinę aplinką (makro, mezo ir mikro).
3. Sveiko ir saugaus būsto užstatytoje aplinkoje vertinimui pritaikyti daugiakriteriai vertinimo metodai: COPRAS, INVAR, SAW, TOPSIS, EDAS. Objektīvūs rodiklių reikšmingumai nustatyti entropijos, CILOS ir IDOCRIW metodais. Subjektīvūs rodiklių reikšmingumai nustatyti ekspertiniu vertinimu. Siekiant skaičiavimo patikimumo, siūloma taikyti apibendrintus reikšmingumus.
4. Atliktas sveiko ir saugaus būsto užstatytoje aplinkoje vertinimas atsižvelgiant į darnios plėtros principus. Skirtingiems uždaviniams išspręsti

makro, mezo ir mikro lygmenyse pritaikyti moksliskai pagrįsti daugiakriterio vertinimo metodai:

- Makro lygmenyje vertinamas Vilniaus miesto gyvenimo kokybės indeksas Europos miestų kontekste. Integruoti COPRAS ir INVAR metodai patikrinti atlikus gyvenimo kokybės indekso analizę. Nustatyta, jog Vilniaus gyvenimo kokybės indeksas nuo 2013 m. didėja (2013 m. indeksas buvo 43,3 % mažesnis lyginant su geriausiai įvertintu Europos miestu, o 2016 m. skirtumas sudarė 31,3 %). Lyginant Vilniaus miestą su mažiausią indeksą atitinkamais metais turinčiais miestais, užfiksuotas didelis atotrūkis nuo Maskvos ir Kijevo. Taip pat sudarytos skaitmeninės rekomendacijos užterštumo lygiui sumažinti, rodiklių optimizavimas bei nustatytas Vilniaus miesto hipotetinis nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykio dydis. Norint, kad Vilnius patektų tarp dešimties geriausių Europos miestų pagal gyvenimo mokybės indeksą, nekilnojamojo turto kainų ir pajamų santykis turi būti 9,6.
- Mezo lygmenyje naudoti daugiakriteriai COPRAS, SAW, TOPSIS, EDAS metodai patikrinti remiantis Vilniaus miestų seniūnijų pavyzdžiu. Skaičiavimai atlikti dviem etapais. Vilniaus miesto seniūnijos įvertintos pagal atskiras aplinkas (ekonominė, socialinė ir aplinkos apsauga) ir bendram sveikos ir saugios užstatytos aplinkos kontekste. Remiantis skaičiavimais, 21 Vilniaus miesto seniūnijos vertinimai pagal ekonominius, socialinius ir aplinkos apsaugos rodiklius skiriasi dėl skirtingos kiekvienos aplinkos įtakos bendram vertinimo rezultatui. Vertinant ekonominę aplinką, geriausiai įvertinta Naujamiesčio seniūnija. Pagal socialinės aplinkos ir aplinkos apsaugos rodiklius, geriausiai įvertinta Senamiesčio seniūnija. Atlikus bendrą Vilniaus miesto seniūnijų vertinimą nustatyta, jog Senamiesčio seniūnija yra racionaliausia pagal sveikos ir saugios užstatytos aplinkos rodiklius lyginant su kitomis Vilniaus miesto seniūnijomis.
- Mikro lygmenyje sveiko ir saugaus būsto vertinimui buvo sudaryta rodiklių sistema pagal Anglijos sveiko ir saugaus būsto vertinimo standartą. Būsto vertinimui taikomas COPRAS metodas. Sistemos pritaikomumui nustatyti išspręstas uždavinys vertinant du būstus ir lyginant juos su etaloniniu. Nustatytos būstų sveikumo klasės, pirmasis būstas priskiriamas D sveikumo klasei (66,54 %) (reikalavimai tenkinamai patenkinamai), o antrasis

būstas – E sveikumo klasei (51,29 %) (reikalavimai netenkina sveiko būsto reikalavimų).

5. Išanalizavus sukurtas užsienio mokslininkų sistemas, nustatyta, kad autorės pasiūlytos sveiko ir saugaus būsto daugiakriterės vertinimo sprendimų paramos ir rekomendacijų sistemos, skirtos gyvenamosios aplinkos sveikatos rizikos veiksnių valdymui, privalumai yra šie:
  - sveiko ir saugaus būsto daugiakriterio vertinimo sprendimų paramos posistemis įvertina būsto sveikumo klasę pagal 29 būsto ir jo aplinkos rodiklių grupes, naudojant daugiakriterius metodus. Taip pat vartotojas gali atlikti bendrą būsto vertinimą (pagal 29 rodiklių grupes) arba įvertinti būsto sveikumo klasę pagal atskirus rodiklius;
  - norint sumažinti keliamų pavojų riziką sveikatai ir saugumui bei pagerinti gyvenimo sąlygas, sveiko ir saugaus būsto rekomendacijų posistemis pateikia rekomendacijas, kaip galima tobulinti gyvenamosios aplinkos sveikatos rizikos veiksnių valdymą.





---

## Literatūra ir šaltiniai

Adrian, C. Z. M.; Hien, W. N.; Marcel, I.; Kardinal, J. S. 2013. Predicting the envelope performance of commercial office buildings in Singapore, *Energy and Buildings* 66: 66–76.

Ahmed, A.; Korres, N. E.; Ploennigs, J.; Elhadi, H.; Menzel, K. 2001. Mining building performance data for energy-efficient operation, *Advanced Engineering Informatics* 25(2): 341–354.

Ahvenniemi, H.; Huovila, A.; Pinto-Seppä, I.; Airaksinen, M. 2017. What are the differences between sustainable and smart cities? *Cities* 60(Part A): 234–245.

Al-Homoud, M. S.; Khan, M. M. 2004. Assessing safety measures in residential buildings in Saudi Arabia, *Building Research & Information* 32(4): 300–305.

Alyami, S. H.; Rezgui, Y.; Kwan, A. 2015. The development of sustainable assessment method for Saudi Arabia built environment: weighting system, *Sustainability Science* 10(1): 167–178.

ALwaer, H.; Clements-Croome, D. J. 2010. Key performance indicators (KPIs) and priority setting in using the multi-attribute approach for assessing sustainable intelligent buildings, *Building and Environment* 45(5): 799–807.

Anderson, J. E.; Wulforst, G.; Lang, W. 2015. Energy analysis of the built environment – A review and outlook, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 44: 149–158.

Antakalnio seniūnija. 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2016 04 09]. Prieiga per internetą: <http://www.vilnijosvartai.lt/locations/listing/?id=2>.

ARCADIS. 2015. Sustainable cities index, [online] [cited 20 July 2016]. Internet access: <https://s3.amazonaws.com/arcadis-whitepaper/arcadis-sustainable-cities-index-report.pdf>.

Arni, A.G.; Khairil, W. A. 2013. Promoting Collaboration between Local Community and Park Management towards Sustainable Outdoor Recreation, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 91: 57–65.

Bahadure, S.; Kotharkar, R. 2015. Assessing sustainability of mixed use neighbourhoods through residents' travel behaviour and perception: the case of Nagpur, India, *Sustainability* 7(9): 12164–12189.

Bentivegna, V.; Curwell, S.; Deakin, M.; Lombardi, P.; Mitchell, G.; Nijkamp, P. 2002. A vision and methodology for integrated sustainable urban development: BEQUEST, *Building Research & Information* 30(2): 83–94.

Bhada, P.; Hoornweg, D. 2009. The global city indicators program: a more credible voice for cities, [online] [cited 12 October 2016]. Internet access: <http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1226422021646/Directions4.pdf>.

Björnberg, K. E. 2009. Rational goals for the urban environment: A Swedish example, *European Planning Studies* 17(7): 1007–1027.

Borda, J.C. 1781. *Memoire sur les Elections au scrutin*. Paris: Histoire de l'Academie Royale des Sciences, 79 p.

Borzacchiello, M. T.; Nijkamp, P.; Koomen, E. 2010. Accessibility and urban development: a grid-based comparative statistical analysis of Dutch cities, *Environment and Planning B-Planning & Design* 37(1): 148–169.

Botia, J. A.; Villa, A.; Palma, J. 2012. Ambient assisted living system for in-home monitoring of healthy independent elders, *Expert Systems with Applications* 39(9): 8136–8148.

Bourdic L.; Salat, S.; Nowacki, C. 2012. Assessing cities: a new system of cross-scale spatial indicators, *Building Research & Information* 40(5): 592–605.

BREEAM. 2017. What is BREEAM? [online] [cited 12 October 2016]. Internet access: <http://www.breeam.com/>.

Brown, T.; Dassonville, C.; Derbez, M.; Ramalho, O.; Kirchner, S.; Crump, D.; Mandin, C. 2015. Relationships between socioeconomic and lifestyle factors and indoor air quality in French dwellings, *Environmental Research* 140: 385–396.

Buegl, R.; Leimgruber, C.; Hueni, G. R.; Scholz, R. W. 2009. Sustainable property funds: financial stakeholders' views on sustainability criteria and market acceptance, *Building Research & Information* 37(3): 246–263.

Cappelletto, F.; Merler, E. 2003. Perceptions of health hazards in the narratives of Italian migrant workers at an Australian asbestos mine (1943–1966), *Social Science & Medicine* 56(5): 1047–1059.

Ceccato, V.; Lukyte, N. 2011. Safety and sustainability in a city in transition: The case of Vilnius, Lithuania, *Cities* 28: 83–94.

Chan, E.; Lee, G. K. L. 2008. Critical factors for improving social sustainability of urban renewal projects, *Social Indicators Research* 85(2): 243–256.

Channon, C. E. 1948. A mathematical theory of communication, *The Bell System Technical Journal* 27: 379–423 and 623–656.

- Charoenkit, S.; Kumar, S. 2014. Environmental sustainability assessment tools for low carbon and climate resilient low income housing settlements, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 38: 509–525.
- Chen, Y.; Okudan, G. E.; Riley, D. R. 2010. Sustainable performance criteria for construction method selection in concrete buildings, *Automation in Construction* 19(2): 235–244.
- Chen, Z.; Abdullah, A. B.; Anumba, C. J.; Li, H. 2014. ANP Experiment for Demolition Plan Evaluation, *Journal of Construction Engineering and Management* 140(2): [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000791](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000791).
- Chlela, F.; Husaunndee, A.; Inard, C.; Riederer, P. 2009. A new methodology for the design of low energy buildings, *Energy and Buildings* 41: 982–990.
- Conejos, S.; Langston, C.; Smith, J. 2014. Designing for better building adaptability: A comparison of adaptSTAR and ARP models, *Habitat International* 41: 85–91.
- Conejos, S.; Langston, C.; Smith, J., 2013. AdaptSTAR model: A climate-friendly strategy to promote built environment sustainability, *Habitat International* 37: 95–103.
- Conger, B. W. 2015. On ivability, liveability and the limited utility of quality-of-life rankings, [online] [cited 12 October 2016]. Internet access: <https://www.policyschool.ca/wp-content/uploads/2016/03/livability-conger.pdf>.
- Conte, E.; Monno, V. 2012. Beyond the buildingcentric approach: A vision for an integrated evaluation of sustainable buildings, *Environmental Impact Assessment Review* 34: 31–40.
- Cown, D. M.; Cheng, T. J.; Ground, M.; Sahmel, J.; Varughese, A.; Madl, A. K. 2015. Analysis of workplace compliance measurements of asbestos by the U.S. Occupational Safety and Health Administration (1984–2011), *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 72(3): 615–29.
- Cozens, P. 2008. Crime prevention through environmental design in Western Australia: Planning for sustainable urban futures, *International Journal of Sustainable Development and Planning* 3(3): 272–292.
- Darçın, M. 2014. Association between air quality and quality of life, *Environmental Science and Pollution Research* 21(3): 1954–1959.
- De Meester, B.; Dewull, J.; Verbeke, S.; Janssens, A.; Van Langenhove, H. 2009. Energetic life-cycle assessment (ELCA), *Building and Environment* 44 (1): 11–17.
- Dempsey, N.; Brown, C.; Bramley, G. 2012. The key to sustainable urban development in UK cities? The influence of density on social sustainability, *Progress in Planning* 77(3): 89–141.
- Deng, Y.; Li, Z.; Quigley, J. M. 2012. Economic returns to energy-efficient investments in the housing market: Evidence from Singapore, *Regional Science and Urban Economics* 42(3): 506–515.
- Derbz, M.; Berthineau, B.; Cochet, V.; Lethrosne, M.; Pignon, C.; Riberon, J.; Kirchner, S. 2004. Indoor air quality and comfort in seven newly built, energy-efficient houses in France, *Building and Environment* 72: 173–187.
- Ding, X.; Zhong, W.; Shearmur, R. S.; Zhang, X.; Huisingh, D. 2015. An inclusive model for assessing the sustainability of cities in developing countries – Trinity of Cities' Sustainability from Spatial, Logical and Time Dimensions (TCS–SLTD), *Journal of Cleaner Production* 109: 62–75.

- Dizdaroglu, D. 2015. Developing micro-level urban ecosystem indicators for sustainability assessment, *Environmental Impact Assessment Review* 54: 119–124.
- Dong, J.; Chi, Y.; Zou, D.; Fu, C.; Huang, Q.; Ni, M.; 2014. Energy–environment–economy assessment of waste management systems from a life cycle perspective: Model development and case study, *Applied Energy* 114: 400–408.
- Dur, F.; Yigitcanlar, T.; Bunker, J. 2014. A spatial-indexing model for measuring neighbourhood-level land-use and transport integration, *Environment and Planning B-Planning & Design* 41(5): 792–812.
- EIP Waters. 2016. City Blueprints - Improving Implementation Capacities of Cities and Regions, [online] [cited 12 October 2016]. Internet access: [http://www.eip-water.eu/City\\_Blueprints](http://www.eip-water.eu/City_Blueprints).
- El Asmar, J.-P.; Taki, A.H. 2014. Sustainable rehabilitation of the built environment in Lebanon, *Sustainable Cities and Society* 10: 22–38.
- Elkington, J. 1994. Towards the sustainable corporation: win-win-win business strategies for sustainable development. *California Management Review* 36(2): 90–100.
- ERABUILD. 2007. *Construction and Real Estate – Developing Indicators for Transparency* (CREDIT©). Project application, Vilnius.
- Eriksen, M. D.; Greenhalgh-Stanley, N.; Engelhardt, G. V. 2015. Home safety, accessibility, and elderly health: Evidence from falls, *Journal of Urban Economics* 87: 14–24.
- Erlandson, R. 1978. System Evaluation Methodologies: Combined Multi-dimensional Scaling and Ordering Techniques, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems* 8(6): 421–432.
- European Commission. 2016. European Green Capital Award, [online] [cited 12 October 2016]. Internet access: <http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/index.html>.
- Eusuf, M. A.; Mohit, M. A.; Eusuf, M. M. R. S.; Ibrahim, M. 2014. Impact of Outdoor Environment to the Quality of Life, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 53: 639–654.
- Fabijoniškių seniūnija. 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2016 04 09]. Prieiga per internetą: [https://lt.wikipedia.org/wiki/Fabijoni%C5%A1ki%C5%B3\\_seni%C5%ABnija](https://lt.wikipedia.org/wiki/Fabijoni%C5%A1ki%C5%B3_seni%C5%ABnija).
- Fazio, P.; Zmeureanu, R.; Kowalski, A. 1989. Select-HVAC: knowledge-based system as an advisor to configure HVAC systems, *Computer-Aided Design* 21(2): 79–86.
- Fishburn, P. 1971. A Comparative Analyses of Group Decision Methods, *Behavioral Sciences* 16(6): 538–544.
- Fitzgerald, B.G.; O'Doherty, T.; Moles, R.; O'Regan, B. 2012. A quantitative method for the evaluation of policies to enhance urban sustainability, *Ecological Indicators* 18: 371–378.
- Gago, E. J.; Munner, T.; Knez, M.; Köster, H. 2015. Natural light controls and guides in buildings. Energy saving for electrical lighting, reduction of cooling load, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41: 1–13.
- Gibberd, J. 2015. Measuring capability for sustainability: the built environment sustainability tool (BEST), *Building Research & Information* 43(1): 49–61.
- Gonzalez, D. M.; Morillas, J. M. B.; Gozalo, G. R. 2015. The influence of microphone location on the results of urban noise measurements, *Applied Acoustics* 90: 64–73.

- Gopalan, K.; Venkataraman, M. 2015. Affordable housing: Policy and practice in India, *IIMB Management Review* 27(2): 129–140.
- Govender, T.; Barnes, J. M.; Pieper, C. H. 2011. Housing conditions, sanitation status and associated health risks in selected subsidized low-cost housing settlements in Cape Town, *South Africa. Habitat International* 35(2): 335–342.
- Grigīškių seniūnija. 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2016 04 09]. Prieiga per internetą: [https://lt.wikipedia.org/wiki/Grig%C5%A1ki%C5%B3\\_seni%C5%ABnija](https://lt.wikipedia.org/wiki/Grig%C5%A1ki%C5%B3_seni%C5%ABnija).
- Gulsrud, N. M.; Gooding, S.; Konijnendijk van den Bosch, C. C. 2013. Green space branding in Denmark in an era of neoliberal governance, *Urban For Urban Gree* 12(3): 330–337.
- Habit, R. R.; Hahfoud, Z.; Fawaz, M.; Basma, S. H.; Yeretzian, J. S. 2009. Housing quality and ill health in a disadvantaged urban community, *Public Health* 123 (2): 174–181.
- HHSRS worked examples. 2007. [online] [cited 4 March 2013]. Internet access: <http://www.hhsrscalculator.com/hhsrs%20we/hwe.html>.
- Hyndman, S. J. 1990. Housing dampness and health amongst British Bengalis in East London, *Social Science & Medicine* 30(1): 131–141.
- Ho, D. C-W.; Chau, K-W.; Cheung, A. K-C.; Yau, Y.; Wong, S-K.; Leung, H-F.; Lau, S. S-Y.; Wong, Q-S. 2008. A survey of the health and safety conditions of apartment buildings in Hong Kong, *Building and Environment* 43(5): 764–775.
- Houzz. 2014. Houzz Healthy Home Trends Study. [online] [cited 4 October 2016]. Internet access: <http://info.houzz.com/rs/houzz/images/HouzzHealthyHomeStudy.pdf>.
- Huang, H.; Yin, L. 2015. Creating sustainable urban built environments: An application of hedonic house price models in Wuhan, China, *Journal of Housing and the Built Environment* 30(2): 219–235.
- Hwang, C.-L.; Yoon, K. 1981. Multiple Attribute Decision Making. Methods and Applications A State-of-the-Art Survey. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 186. Springer Berlin Heidelberg, 269 p. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>
- Indoor Air Quality (IAQ) Scientific Findings Resource Bank. 2016. Health Risk of Dampness or Mold in Houses, [online], [cited 6 March 2014]. Internet access: <https://iaqscience.lbl.gov/dampness-risks-house>.
- Ioan, C. C.; Ursu, C. 2012. Real needs and preventive strategies for maintaining sustainable quality of life in environments with air conditioning, *Environmental Engineering and Management Journal* 1(4): 879–884.
- IPH Corporate Plan. 2013. [online] [cited 6 March 2015]. Internet access: <http://www.publichealth.ie/healthinequalities/healthylivingenvironments>.
- Yakubu, G. S. 1996. The reality of living in passive solar homes: a user-experience study, *Renewable Energy* 8: 177–181.
- Yin, Y.; Mizokami, S.; Aikawa, K. 2015. Compact development and energy consumption: Scenario analysis of urban structures based on behavior simulation, *Applied Energy* 159: 449–457.
- Yu, C. W. F.; Kim, J. T. 2011. Building environmental assessment schemes for rating of IAQ in sustainable buildings, *Indoor and Built Environment* 20(1): 5–15.

Jaakkola, M. S.; Quansah, R.; Hugg, T. T.; Heikkinen, S. A. M.; Jaakkola, J. J. K. 2013. Association of indoor dampness and molds with rhinitis risk: A systematic review and meta-analysis, *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 132(5): 1099–1110.

Jaakkola, M. S.; Jaakkola, J. J. K. 2004. Indoor molds and asthma in adults, *Advances in Applied Microbiology* 55: 309–338.

Jacobs, D. E. 2011. Housing-Related Health Hazards: Assessment and Remediation [online], *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences Encyclopedia of Environmental Health*, [cited 10 February 2014]. Internet access: [https://portal.hud.gov/hudportal/documents/huddoc?id=hpgm\\_final\\_ch4.pdf](https://portal.hud.gov/hudportal/documents/huddoc?id=hpgm_final_ch4.pdf).

Jaroslavceviene, I. 2012. Nelaimių aritmetika: vyrai dažnai susižeidžia kirviu, moterys nusipliko [interaktyvus], [žiūrėta 2014 02 10]. Prieiga per internetą: <http://www.delfi.lt/news/daily/health/nelaimiu-aritmetikavyrai-daznai-susizeidzia-kirviu-moterysnusipliko.d?id=59854047#ixzz2vMaPVFBE>.

Justiniškių seniūnija. 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2016 04 09]. Prieiga per internetą: <http://lt.wikipedia.org/wiki/Justini%C5%A1k%C4%97s>.

Kaitilla, S. 1998. Privacy and crowding concepts in Melanesia: the case of Papua New Guinea, *Habitat International* 22(3): 281–298.

Kaklauskas A. 1999. *Multiple criteria decision support of building life cycle*: Research report presented for habilitation (DrSc): Technological sciences, civil engineering (02T). Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius: Technika, 118 p.

Kaklauskas, A. 2016. Degree of Project Utility and Investment Value Assessments, *International Journal of Computers, Communications & Control* 11(5): 666–683.

Kaklauskas, A.; Banaitienė, N.; Tupėnaitė, L.; Rimkuvienė, S.; Trinkūnas, V. 2012. *Gyvenamosios aplinkos atnaujinimas: mokomoji knyga*. Vilnius: Technika, 208 p.

Kaklauskas, A.; Zavadskas E. K.; Lapinskeine, V.; Sliogeriene, J.; Gudauskas, R.; Raistenskis, J.; Cerkauskienė, R.; Jackute, I.; Kumzaite, S. 2013. Multiple-Criteria Analysis of Life Cycle of Energy-Efficient Built Environment, in: Torgal, F.P., Mistretta, M., Kaklauskas, A., Granqvist, C. G., Cabeza, L. F. (Eds.), *Nearly Zero Energy Building Refurbishment. A Multidisciplinary Approach*. Springer-Verlag, London, pp. 299–324. [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4471-5523-2\\_12](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4471-5523-2_12).

Kaklauskas, A.; Zavadskas, E. K.; Dargis, R.; Bardauskienė, D. (Eds.) 2015. *Sustainable development of real estate*. Vilnius: Technika. 512 p.

Kaklauskas, A.; Zavadskas, E. K.; Radzeviciene, A.; Ubarte, I.; Podvezko, A.; Podvezko, V.; Kuzminske, A.; Banaitis, A.; Binkyte, A.; Bucinskas, V. 2018. Quality of city life multiple criteria analysis, *Cities* 72 (Part A): 82–93.

Kamp, D. W. 2009. Asbestos-induced lung diseases: an update, *Translational Research* 153(4): 143–152.

Kang, N. N.; Kim, J. T.; Lee, R. K. 2014. A Study on the Healthy Housing Quality of Multi-family Attached House According to Dwelling Unit Age, *Journal of Energy Procedia* 62: 595–602.

Karaca, F.; Raven. P.G.; Machell, J.; Camci, F. 2015. A comparative analysis framework for assessing the sustainability of a combined water and energy infrastructure, *Technological Forecasting and Social Change* 90(Part B): 456–468.

Karoliniškių seniūnija. 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2016 04 09]. Prieiga per internetą: <http://www.vilnijosvartai.lt/listing-of-therapy-paper-topics-3/?id=32>.

Keall, M. D.; Howden-Chapman, P.; Baker, M. G.; Kamalesh, V.; Cunningham, M.; Cunningham, C.; Guria, J.; Draper, R.; Skelton, P. 2013. Formulating a programme of repairs to structural home injury hazards in New Zealand, *Accident Analysis & Prevention* 57: 124–130.

Keall, M. D.; Pierse, N.; Howden-Chapman, P.; Cunningham, C.; Cunningham, M.; Guria, J.; Baker, M. G. 2015. Home modifications to reduce injuries from falls in the Home Injury Prevention Intervention (HIPI) study: a cluster-randomised controlled trial, *The Lancet* 385(9964): 231–238.

Kendall, M. 1975. *Rank correlation methods*. London: Griffin, 2016 p.

Keshavarz Ghorabae, M.; Zavadskas, E. K.; Olfat, L.; Turskis, Z. 2015. Multi-criteria inventory classification using a new method of Evaluation based on Distance from Average Solution (EDAS), *Informatica* 26(3): 435–451.

Khalil, H. A. E. E. 2012. Enhancing quality of life through strategic urban planning, *Sustainable Cities and Society* 5:77–86.

Kim, G.; Kim, J. T. 2010. Healthy-daylighting design for the living environment in apartments in Korea, *Building and Environment* 45(2): 287–294.

Kim, J. T.; Todorovic, M. S. 2013. Towards sustainability index for healthy buildings — Via intrinsic thermodynamics, green accounting and harmony, *Energy and Buildings* 62: 627–637.

Klein-Banai, C., Theis, T. L. 2011. An urban university's ecological footprint and the effect of climate change, *Ecological Indicators* 11(3): 857–860.

Körner, O.; Van Straten, G. 2008. Decision support for dynamic greenhouse climate control strategies, *Computers and Electronics in Agriculture* 60(1): 18–30.

Kurilov, J.; Vinogradova, I.; Kubilinskienė, S. 2016. New MCEQLS fuzzy AHP methodology for evaluating learning repositories: a tool for technological development of economy, *Technological and Economic Development of Economy* 22(1): 142–155.

Lamkquiz, P.J.; López-Domínguez, J. 2015. Effects of built environment on walking at the neighbourhood scale. A new role for street networks by modelling their configurational accessibility? *Transportation Research* 74(Part A): 148–163.

Larsen, H. G. 2015. A hypothesis of the dimensional organization of the city construct. A starting point for city brand positioning. *Journal of Destination Marketing & Management* 4(1): 13–23.

Lau, W. K. L.; Ho, D. C. W. 2011. Open building implementation in high-rise residential buildings in Hong Kong, *Open House International* 36(1): 25–34.

Lazauskaitė, D. 2015. *Quality analysis and integrated assessment of residential environment of developing suburban settlements*. Doctoral dissertation: Technological sciences, Civil engineering (02T). Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius: Technika, 134 p.

Lee, Y.; Lim, S.; Kim, G. 2010. Improvement characteristics shown in holistic regeneration of Ballymun toward sustainable community, *Building and Environment* 45: 279–286.

Lee, S.; You, S. D. 2012. The Price-to-income Ratio and the Quality of Life. University of British Columbia Working Paper. [online], [cited 12 October 2016]. Internet access: <http://blogs.ubc.ca/sanghoonlee/files/2016/07/price-to-income-ratio-Aug-2012.pdf>.

Lehner, J. 2016. Oregon Office of Economic Analysis [online], [cited 12 October 2016]. Internet access: <https://oregoneconomicanalysis.com/2016/06/08/the-housing-trilemma/>.

Lietuvos statistikos departamentas. 2013. Gyventojų skaičiaus pasiskirstymas pagal teritoriją, amžių ir lytį. Lietuvos Respublikos 2011 metų visuotinio gyventojų ir būstų surašymo rezultatai, [interaktyvus], [žiūrėta 2016 04 09]. Prieiga per internetą: [https://www.osp.stat.gov.lt/documents/10180/217110/Inform\\_gyv\\_sk\\_pasisk.pdf/cd1f3d45-ef4b-446f-af6a-f56e23c94519%20](https://www.osp.stat.gov.lt/documents/10180/217110/Inform_gyv_sk_pasisk.pdf/cd1f3d45-ef4b-446f-af6a-f56e23c94519%20).

Lotteau, M.; Loubet, P.; Pousse, M.; Dufrasnes, E.; Sonnemann, G. 2015. Critical review of life cycle assessment (LCA) for the built environment at the neighborhood scale, *Building and Environment* 93(Part 2): 165–178.

Lowe, M.; Whitzman, C.; Badland, H.; Davern, M.; Aye, L.; Hes, D.; Butterworth, I.; Giles-Corti, G. 2015. Planning healthy, liveable and sustainable cities: how can indicators inform policy? *Urban Policy and Research* 33(2): 131–144.

Lutzkendorf, T.; Lorenz, D. 2005. Sustainable property investment: valuing sustainable buildings through property performance assessment, *Building Research & Information* 33(3): 212–234.

Ma, J.; Fan, Z. P.; Huang, L. H. 1999. A subjective and objective integrated approach to determine attribute weights, *European Journal of Operational Research* 112(2): 397–404.

MacCrimmon, K.R. 1968. *Decision making among multiple-attribute alternatives: Survey and consolidated approach*. RAND Memorandum, The Rand Corporation, Santa Monica, 72 p.

Maliene, V.; Malys, N. 2009. High-quality housing – A key issue in delivering sustainable communities, *Building and Environment* 44(2): 426–430.

Marais, L.; Cloete, J. 2014. „Dying to get a house?“ The health outcomes of the South African low-income housing programme, *Habitat International* 43: 48–60.

Mardani, A.; Jusoh, A.; Zavadskas, E. K.; Cavallaro, F.; Khalifah, Z. 2015. Sustainable and renewable energy: an overview of the application of multiple criteria decision making techniques and approaches, *Sustainability* 7(10): 13947–13984.

Marques, R. C.; da Cruz, N. F.; Pires, J. 2015. Measuring the sustainability of urban water services, *Environmental Science & Policy* 54:142–151.

Matsumoto, H.; Toyoda, S. 1994. A knowledge-based system for condensation diagnostics in houses, *Energy and Buildings* 21(3): 259–266.

McLean, I. 1990. The Borda and Condorcet principles: three medieval applications, *Social Choice and Welfare* 7(2): 99–108.

Meijering, J. V.; Kern, K.; Tobi, H. 2014. Identifying the methodological characteristics of European green city rankings, *Ecological Indicators* 43: 132–142.

Mercer. 2016. Quality of Living Rankings, [online], [cited 12 October 2016]. Internet access: <https://www.imercer.com/content/mobility/quality-of-living-city-rankings.html>.

Mirkin, B. 1974. *Problema grupovogo vibora*. Nauka, Moskva, 256 p.

Monahan, J.; Powell, J. C. 2011. A comparison of the energy and carbon implications of new systems of energy provision in new build housing in the UK, *Energy Policy* 39(1): 290–298.



Morrissey, J.; Iyer-Raniga, U.; McLaughlin, P.; Mills, A. 2012. A strategic project appraisal framework for ecologically sustainable urban infrastructure, *Environmental Impact Assessment Review* 33(1): 55–65.

Motuzienė, V.; Rogoža, A., Lapinskeinė, V., Vilitienė, T. 2016. Construction solutions for energy efficient single-family house based on its life cycle multi-criteria analysis: A case study, *Journal of Cleaner Production* 112(Part 1): 532–541.

Mulliner, E.; Malys, N.; Maliene, V. 2016. Comparative analysis of MCDM methods for the assessment of sustainable housing affordability, *Omega* 59(Part B): 146–156.

Mulliner, E.; Smallbone, K.; Maliene, V. 2013. An assessment of sustainable housing affordability using a multiple criteria decision making method, *Omega* 41: 270–279.

Nacionalinė visuomenės sveikatos plėtros laboratorija. 2014. Sveikas būstas, sveika aplinka, sveikas žmogus [interaktyvus], [žiūrėta 2016 10 12]. Prieiga per internetą: <http://nvspl.lt/index.php?850440126>.

Naydenov, K.; Melikov, A.; Markov, D.; Stankov, P.; Bornehag, C-G.; Sundell, J. 2008. A comparison between occupants' and inspectors' reports on home dampness and their association with the health of children: The ALLHOME study, *Building and Environment* 43(11): 1840–1849.

Näyhä, S.; Hassi, J.; Jousilahti, P.; Laatikainen, T.; Ikäheimo, T.M. 2011. Cold-related symptoms among the healthy and sick of the general population: National FINRISK Study data, 2002, *Public Health* 125(6): 380–388.

Naujamiesčio seniūnija. 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2016 04 09]. Prieiga per internetą: <http://www.vilnijosvartai.lt/locations/listing/?id=651>.

Naujininkų seniūnija. 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2016 04 09]. Prieiga per internetą: [https://lt.wikipedia.org/wiki/Naujinink%C5%B3\\_seni%C5%ABnija](https://lt.wikipedia.org/wiki/Naujinink%C5%B3_seni%C5%ABnija).

Naujosios vilnios seniūnija. 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2016 04 09]. Prieiga per internetą: [https://lt.wikipedia.org/wiki/Naujosios\\_Vilnios\\_seni%C5%ABnija](https://lt.wikipedia.org/wiki/Naujosios_Vilnios_seni%C5%ABnija).

Nesveikas būstas. 2014. [interaktyvus], [žiūrėta 2014 02 10]. Prieiga per internetą: [http://www.smlpc.lt/media/file/Skyriu\\_info/Aplinkos\\_sveikata/Bustas/Nesveikas\\_bustas.pdf](http://www.smlpc.lt/media/file/Skyriu_info/Aplinkos_sveikata/Bustas/Nesveikas_bustas.pdf).

Neuvonen, A.; Ache, P. 2017. Metropolitan Vision Making – Using Backcasting as a Strategic Learning Process to Shape Metropolitan Futures, *Futures* 86: 73–83.

Nilashi, M.; Zakaria, R.; Ibrahim, O.; Majid, M. Z. A.; Zin, R. M.; Chughtai, M. W.; Abidin, N. I. Z.; Sahamir, S. R.; Yakubu, D. A. 2015. A knowledge-based expert system for assessing the performance level of green buildings, *Knowledge-Based Systems* 86: 194–209.

Numbeo. 2015. Quality of Life Index 2015, [online], [cited 12 October 2016]. Internet access: <https://www.numbeo.com/quality-of-life/rankings.jsp?title=2015>.

Numbeo. 2016. Quality of Life Index 2016 Mid Year, [online], [cited 12 October 2016]. Internet access: <https://www.numbeo.com/quality-of-life/rankings.jsp?title=2016-mid>.

Numbeo. 2017. About Quality of Life Indices At This Website [online], [cited 11 January 2017]. Internet access: [https://www.numbeo.com/quality-of-life/indices\\_explained.jsp](https://www.numbeo.com/quality-of-life/indices_explained.jsp)

Nuuter, T.; Lill, I., Tupenaite, L. 2015. Comparison of housing market sustainability in European countries based on multiple criteria assessment, *Land Use Policy* 42: 642–651.

O’Riordan, T.; Cameron, J.; Jordan, A. 2001. *Reinterpreting the Precautionary Principle*, Cameron May, London, 284 p.

Office of the Deputy Prime Minister. 2006. Housing Health and Safety Rating System. Operating Guidance. Office of the Deputy Prime Minister: London, [online], [cited 4 March 2014]. Internet access:

<http://www.nchh.org/Portals/0/Contents/HH%20Standards.UKHHSoperatingguidance.pdf>.

Oltean-Dumbrava, C.; Watts, G.; Miah, A. 2013. Transport infrastructure: making more sustainable decisions for noise reduction, *Journal of Cleaner Production* 42: 58–68.

Ormandy, D. 2014. Housing and child health, *Paediatrics and Child Health* 24(3): 115–117.

Ortiz, O.; Castells, F.; Sonnemann, G. 2009. Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA, *Construction and Building Materials* 23(1): 28–39.

Panerių seniūnija. 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2016 04 09]. Prieiga per internetą: [https://lt.wikipedia.org/wiki/Paneri%C5%B3\\_seni%C5%ABnija](https://lt.wikipedia.org/wiki/Paneri%C5%B3_seni%C5%ABnija).

Parker, D. S. 2009. Very low energy homes in the United States: perspectives on performance from measured data, *Energy and Buildings* 41(5): 512–520.

Pašilaičių seniūnija. 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2016 04 09]. Prieiga per internetą: [https://lt.wikipedia.org/wiki/Pa%C5%A1ilai%C4%8Di%C5%B3\\_seni%C5%ABnija](https://lt.wikipedia.org/wiki/Pa%C5%A1ilai%C4%8Di%C5%B3_seni%C5%ABnija).

Pawar, A. S.; Mukherjee, M.; Shankara, R. 2015. Thermal comfort design zone delineation for India using GIS, *Building and Environment* 87: 193–206.

Pekkonen, M.; Du, L.; Skön, J.-P.; Raatikainen, M.; Haverinen-Shaughnessy, U. 2015. The influence of tenure status on housing satisfaction and indoor environmental quality in Finnish apartment buildings, *Building and Environment* 89: 134–140.

Perales-Momparler, S.; Andrés-Doménech, I.; Andreu, J.; Escuder-Bueno, I. 2015. A regenerative urban stormwater management methodology: the journey of a Mediterranean city, *Journal of Cleaner Production* 109: 174–189.

Pilaitės seniūnija. 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2016 04 09]. Prieiga per internetą: [https://lt.wikipedia.org/wiki/Pilait%C4%97s\\_seni%C5%ABnija](https://lt.wikipedia.org/wiki/Pilait%C4%97s_seni%C5%ABnija).

Poortinga, W.; Dunstan, F. D.; Fone, D. L. 2008. Neighbourhood deprivation and self-rated health: The role of perceptions of the neighbourhood and of housing problems, *Health & Place* 14(3): 562–575.

Rakhshan, K.; Friess, W. A.; Tajerzadeh, A. 2013. Evaluating the sustainability impact of improved building insulation: A case study in the Dubai residential built environment, *Building and Environment* 67: 105–110.

Ramli, A.; Akasah, Z. A.; Masirin, M. I. M. 2014. Safety and Health Factors Influencing Performance of Malaysian Low-Cost Housing: Structural Equation Modeling (SEM) Approach, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 129: 475–482.

Rasų seniūnija. 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2016 04 09]. Prieiga per internetą: [https://lt.wikipedia.org/wiki/Ras%C5%B3\\_seni%C5%ABnija](https://lt.wikipedia.org/wiki/Ras%C5%B3_seni%C5%ABnija).

Reiter, S.; Marique, A.-F. 2012. Toward Low Energy Cities, *Journal of Industrial Ecology* 16(6): 829–838.

- Roback, J. 1982. Wages, rents, and the quality of life, *Journal of Political Economy* 90(6): 1257–1278.
- Rogers, A. H.; Gardner, K. H.; Carlson, C. H. 2013. Social capital and walkability as social aspects of sustainability, *Sustainability* 5(8): 3473–3483.
- Rosen, S. 1979. Wage-based indexes of urban quality of life. In: Mieskowski P, Straszheim M editors. *Current issues in urban economics*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, p. 74–104.
- Rosenthal, J. K.; Kinney, P. L.; Metzger, K. B. 2014. Intra-urban vulnerability to heat-related mortality in New York City, 1997–2006, *Health & Place* 30: 45–60.
- Roto. 2013. Roto – sveika statyba, sveikas būstas. [interaktyvus], [žiūrėta 2014 02 18]. Prieiga per internetą: <http://lt.dst.roto-frank.com/naujienos/spauda/roto-sveika-statyba-sveikas-bustas.html>.
- Rudge, J.; Gilchrist, R. 2007. Measuring the health impact of temperatures in dwellings: Investigating excess winter morbidity and cold homes in the London Borough of Newham, *Energy and Buildings* 39 (7): 847–858.
- Sahakian, N. M.; Park, J.-H.; Cox-Ganser, J.M. 2008. Dampness and Mold in the Indoor Environment: Implications for Asthma, *Immunology and Allergy Clinics of North America* 28(3): 485–505.
- Sarbu, I.; Sebachievici, C. 2011. *Olfactory comfort assurance in buildings*. Chemistry, Emission Control, Radioactive Pollution and Indoor Air Quality, Dr. Nicolas Mazzeo (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/17007. Internet access: <https://www.intechopen.com/books/chemistry-emission-control-radioactive-pollution-and-indoor-air-quality/olfactory-comfort-assurance-in-buildings>.
- Schmidt, G.; Bauer, S.; Baura, T.; Fleischmann, N.; Kaltenböck, M.; Leeuw, E.; Matauschek, C.; Matauschek, M.; Nanu, C.; Thurner, T.; Misiga, P.; Capitao, J.; Schroeder, R. 2016. The European Innovation Partnership on Water (EIP Water): approach and results to date (2012–2015), *Journal of Cleaner Production*, In Press, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.028>.
- Science for Environment Policy. 2015. Indicators for Sustainable Cities, [online], [cited 20 July 2016]. Internet access: [http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/indicators\\_for\\_sustainable\\_cities\\_IR12\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/indicators_for_sustainable_cities_IR12_en.pdf).
- Senamiesčio seniūnija. 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2016-04-09]. Prieiga per internetą: <http://www.vilnijosvartai.lt/locations/listing/?id=96&page=general>.
- Shen, L.; Zhou, J. 2014. Examining the effectiveness of indicators for guiding sustainable urbanization in China, *Habitat International* 44:111–120.
- Siemens AG. 2009. European Green City Index. Assessing the environmental impact of Europe's major cities, [online], [cited 20 July 2016]. Internet access: [http://www.siemens.com/entry/cc/features/greencityindex\\_international/all/en/pdf/report\\_en.pdf](http://www.siemens.com/entry/cc/features/greencityindex_international/all/en/pdf/report_en.pdf).
- Siew, R. Y. J. 2015. Alternative framework for assessing sustainable building funds: green building fund, *Building Research & Information* 43(2): 160–169.
- Sohn, D.-W. 2016. Residential crimes and neighbourhood built environment: Assessing the effectiveness of crime prevention through environmental design (CPTED), *Cities* 52: 86–93.

Soyguder, S. Alli, H. 2009. An expert system for the humidity and temperature control in HVAC systems using ANFIS and optimization with Fuzzy Modeling Approach, *Energy and Buildings* 41(8): 814–822.

Solari, C. D.; Mare, R. D. 2012. Housing crowding effects on children's wellbeing, *Social Science Research* 41(2): 464–476.

Sommar, J. N.; Ek, A.; Middelvel, R.; Bjerg, A.; Dahlén, S.-E.; Janson, C.; Forsberg, B. 2014. Quality of life in relation to the traffic pollution indicators NO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub>: results from the Swedish GA2LEN survey, *BMJ Open Respiratory Research* 1(1): 1–8.

Srinivasan, S.; O'Fallon, L. R.; Dearry, A. 2003. Creating healthy communities, healthy homes, healthy people: Initiating a Research Agenda on the Built Environment and Public Health, *American Journal of Public Health* 93(9): 1446–1450.

Stanhope, M. 2012. *Public health nursing: population-centered health care in the community*. United States: Mosby, 1128 p.

Stewart, J. 2005. A review of UK housing policy: ideology and public health, *Public Health* 119(6): 525–534.

STR 2.02.01:2004 „Gyvenamieji pastatai“. Vilnius, 2004.

STR 2.02.02:2004 „Visuomeninės paskirties statiniai“. Vilnius, 2005.

STR 2.02.09:2005 „Vienbučiai ir dvibučiai gyvenamieji pastatai“. Vilnius, 2005.

Sun, X.; Liu, X.; Li, F.; Tao, Y.; Song, Y. 2015. Comprehensive evaluation of different scale cities' sustainable development for economy, society, and ecological infrastructure in China, *Journal of Cleaner Production*, In Press, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.002>.

Suvatne, J.; Browning, R. F. 2011. Asbestos and Lung Cancer, *Disease-a-Month* 57(1): 55–68.

Sužinokite daugiau apie Vilniaus miesto rajonus. 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2016 04 09]. Prieiga per internetą: <http://www.ntbroker.lt/lt/vilniaus-miesto-gidas>.

Štreimikienė, D.; Čiegis, R.; Bankauskaitė-Sereikienė, G.; Slavickienė, A.; Šarkiūnaitė, I.; Mikalauskiene, A.; Lapėnienė, D.; Kiaušienė, I. 2014. *Darnus vystymasis: teorija ir praktika*. Kolektyvinė monografija, [interaktyvus], [žiūrėta 2016 07 20]. Prieiga per internetą: [http://www.khf.vu.lt/dokumentai/failai/soctyri/Darnus\\_Lietuvos\\_vystymasis\\_2014.pdf](http://www.khf.vu.lt/dokumentai/failai/soctyri/Darnus_Lietuvos_vystymasis_2014.pdf).

Tan, P. Y.; bin Abdul Hamid, A. R. 2014. Urban ecological research in Singapore and its relevance to the advancement of urban ecology and sustainability, *Landscape and Urban Planning* 125: 271–289.

Tang, B.-S.; Yiu, C. Y. 2010. Space and scale: A study of development intensity and housing price in Hong Kong, *Landscape and Urban Planning* 96(3): 172–182.

Thiers, S.; Peuportier, B. 2008. Thermal and environmental assessment of a passive building equipped with an earth-to-air heat exchanger in France, *Solar Energy* 82(9): 820–831.

Tsola, E.; Drosinos, E. H.; Zoiopoulos, P. 2008. Impact of poultry slaughter house modernisation and updating of food safety management systems on the microbiological quality and safety of products, *Food Control* 19(4): 423–431.

Uejio, C. K.; Wilhelmi, O. V.; Golden, J. S.; Mills, D. M.; Gulino, S. P.; Samenow, J. P. 2011. Intra-urban societal vulnerability to extreme heat: The role of heat exposure and the built environment, socioeconomics, and neighborhood stability, *Health & Place* 17(2): 498–507.

Ustinovičius, L.; Zavadskas, E. K. 2004. *Statybos investicijų efektyvumo sistemos techninis įvertinimas*. Vilnius: Technika, 219 p.

Vanhoutteghem, L.; Skarning, G. C. J.; Hviid, C. A.; Svendsen, S. 2015. Impact of Façade Window Design on Energy, Daylighting and Thermal Comfort in Nearly Zero-Energy Houses, *Energy and Buildings* 102: 149–156.

Vencauskaitė, J. 2011. *Miestų darnos proceso analizė ir gyvenimo kokybės vertinimas*. Doctoral dissertation: Technological sciences, Civil engineering (02T). Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius: Technika, 136 p.

Verkių seniūnija. 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2016 04 09]. Prieiga per internetą: <http://www.vilnijosvartai.lt/locations/listing/?id=102>.

Vilkpėdės seniūnija. 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2016 04 09]. Prieiga per internetą: <http://www.vilnijosvartai.lt/locations/listing/?id=124>.

Vilniaus Gedimino technikos universitetas. 2013. Nacionalinio sveiko būsto sertifikavimo modelis. Modelis parengtas įgyvendinant 2007–2013 m. Žmogiškųjų išteklių plėtros veiksmų programos 4 prioriteto „Administracinių gebėjimų stiprinimas ir viešojo administravimo efektyvumo didinimas“ įgyvendinimo priemonės Nr. VP1-4.3-VRM-02-V-01-003 „Gyvenamosios aplinkos sveikatos rizikos veiksmų valdymo tobulinimas“, Vilnius.

Vilniaus miesto savivaldybė. 2007. Vilniaus miesto savivaldybės teritorijos bendrasis planas iki 2015 m., [interaktyvus], [žiūrėta 2016 01 20]. Prieiga per internetą: [http://www.vilnius.lt/vilnius/m/m\\_files/wfiles/vilniaus\\_m\\_savivaldyb\\_teritor\\_bp\\_iki\\_2015m.pdf](http://www.vilnius.lt/vilnius/m/m_files/wfiles/vilniaus_m_savivaldyb_teritor_bp_iki_2015m.pdf).

Vilniaus miesto savivaldybė. 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2016 04 09]. Prieiga per internetą: [https://lt.wikipedia.org/wiki/Vilniaus\\_miesto\\_savivaldyb%C4%97](https://lt.wikipedia.org/wiki/Vilniaus_miesto_savivaldyb%C4%97).

Vilniaus seniūnijos numeracija. 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2016 04 09]. Prieiga per internetą: [https://lt.wikipedia.org/wiki/Vaizdas:Vilniaus\\_seniunijos\\_numeracija.png](https://lt.wikipedia.org/wiki/Vaizdas:Vilniaus_seniunijos_numeracija.png).

Viteikiene, M.; Zavadskas, E. K. 2007. Evaluating the sustainability of Vilnius city residential areas, *Journal of Civil Engineering and Management* 8(2): 149–155.

Walsh, C. J. 2010. Sustainable Climate Adaptation. The Critical Link between Sustainable Development & Climate Change in the Built Environment, [online], [cited 20 January 2016]. Internet access: [http://www.sustainable-design.ie/sustain/CJWalsh-Paper\\_Sustainable-Adaptation\\_21-March-2010.pdf](http://www.sustainable-design.ie/sustain/CJWalsh-Paper_Sustainable-Adaptation_21-March-2010.pdf).

Wang, L.; Gwilliam, J. 2009. Case study of zero energy house design in UK, *Energy and Buildings* 41: 1215–1222.

Weitzman, M.; Baten, A.; Rosenthal, D. G.; Hoshino, R.; Tohn, E.; Jacobs, D. E. 2013. Housing and Child Health, *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care* 43(8): 187–224.

Wien.at. 2016. Another top ranking for quality of life in Vienna, [online], [cited 14 September 2016]. Internet access: <https://www.wien.gv.at/english/politics/international/competition/monocle-quality-of-life-survey.html>.

Windi, Y. K.; Whittaker, A. 2012. Indigenous round houses versus ‘healthy houses’: Health, place and identity among the Dawan of West Timor, Indonesia, *Health & Place* 18(5): 1153–1161.

World Health Organisation. 1989. Health principles of housing, [online], [cited 14 September 2016]. Internet access: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/39847/1/9241561270\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/39847/1/9241561270_eng.pdf).

Xing, Y.; Horner, R. M. W.; El-Hamar, M. A.; Bebbington, J. 2009. A framework model for assessing sustainability impacts of urban development, *Accounting Forum* 33(3): 209–224.

Zavadskas, E. K.; Antucheviciene, J. 2006. Development of an indicator model and ranking of sustainable revitalization alternatives of derelict property: a Lithuanian case study, *Sustainable development* 14 (5): 287–299.

Zavadskas, E. K.; Antucheviciene, J.; Turskis, Z.; Adeli, H. 2016. Hybrid multiple-criteria decision-making methods: A review of applications in engineering, *Scientia Iranica, Transactions A: Civil Engineering* 23(1): 1–20.

Zavadskas, E. K.; Bausys, R.; Kaklauskas, A.; Ubarte, I.; Kuzminske, A.; Gudiene, N. 2017. Sustainable Market Valuation of Buildings by the Single-Valued Neutrosophic MAMVA Method, *Applied Soft Computing* 57: 74–87.

Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Sarka, V. 1994. The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects, *Technological and economic development of economy* 1(3): 131–139.

Zavadskas, E. K.; Podvezko, V. 2016. Integrated determination of objective criteria weights in MCDM, *International Journal of Information Technology & Decision Making* 15(2): 267–283.

Zavadskas, E. K.; Turskis, Z.; Kildienė, S. 2014. State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods, *Technological and Economic Development of Economy* 20(1): 165–179.

Zavadskas, E. K.; Viteikienė, M.; Šaparauskas, J. 2007. Sustainable development assessment of cities and their residential districts, *Ekologija* 53: 49–54.

Zavadskas, E.; Antucheviciene, J. 2006. Development of an indicator model and ranking of sustainable revitalization alternatives of derelict property: a Lithuanian case study, *Sustainable Development* 14(5): 287–299.

Žiliukas, A. 2005. Saugus būstas: į ką atkreipti dėmesį. [interaktyvus], [žiūrėta 2014 02 18]. Prieiga per internetą: [http://www.delfi.lt/gyvenimas/naujos\\_formos/saugusbustas-i-ka-atkreipti-demesi.d?id=6350083](http://www.delfi.lt/gyvenimas/naujos_formos/saugusbustas-i-ka-atkreipti-demesi.d?id=6350083).

Žirmūnų seniūnija. 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2016 04 09]. Prieiga per internetą: [https://lt.wikipedia.org/wiki/%C5%BDirm%C5%ABn%C5%B3\\_seni%C5%ABnija](https://lt.wikipedia.org/wiki/%C5%BDirm%C5%ABn%C5%B3_seni%C5%ABnija).

---

## Autorės mokslinių publikacijų disertacijos tema sąrašas

### Straipsniai recenzuojamuose mokslo žurnaluose

Kaklauskas, A.; Krutinis, M.; Kovachev, L.; Petkov, P.; Jackutė, I. (Ubartė, I.); Bartkienė, L. 2013a. Building's refurbishment computer learning system with augmented reality, *International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning* 3(5): 425–431. ISSN 2010-3654.

Kaklauskas, A.; Krutinis, M.; Kovachev, L.; Petkov, P.; Bartkienė, L.; Jackutė, I. (Ubartė, I.). 2013b. Housing health and safety decision support system with augmented reality, *InImpact: The Journal of Innovation Impact. Innovation in Medicine and Healthcare* 6(1): 131–143. ISSN 2051-6002.

Ubartė, I.; Čerkauskas, J.; Turūta, A.; Naumčik, A. 2015. Užstatytos aplinkos gyvavimo ciklo modelių ir sistemų analizė, *Mokslas – Lietuvos ateitis : Statyba, transportas, aviacinės technologijos = Science – Future of Lithuania: Civil and transport engineering, aviation technologies* 7(5): 520–527. ISSN 2029-2341.

Ubartė, I.; Kaplinski, O. 2016. Review of the sustainable built environment in 1998–2015, *Engineering Structures and Technologies* 8(2): 41–51.

Zavadskas, E. K.; Bausys, R.; Kaklauskas, A.; Ubartė, I.; Kuzminskė, A.; Gudienė, N. 2017a. Sustainable market valuation of buildings by the single-valued neutrosophic

MAMVA method, *Applied Soft Computing* 57: 74–87. (Clarivate Analytics, IF<sub>2016</sub>=3,541).

Zavadskas, E. K.; Cavallaro, F.; Podvezko, V.; Ubarte, I., Kaklauskas, A. 2017b. MCDM assessment of health and safety built environment according to sustainable development principles: practical Neighbourhoods approach in Vilnius. *Sustainability* 9(5). DOI: 10.3390/su9050702. (Clarivate Analytics, IF<sub>2016</sub>=1,789).

### **Straipsniai kituose leidiniuose**

Čerkauskas, J.; Jackutė, I. (Ubartė, I.). 2014. Sveikas ir saugus būstas pagal užsienio šalių patirtį: virtualus turas, daugiakriterinis vertinimas ir rekomendacijų teikimo sistemis, *17-oji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija „Mokslas – Lietuvos ateitis“ 2014 metų teminė konferencija "Statyba = Civil engineering"*, 2014 m. kovo 19–28 d. Vilnius: Technika, 1–7. ISSN 2029-7149.

Kaklauskas, A.; Zavadskas, E. K.; Čerkauskas, J.; Ubartė, I.; Banaitis, A.; Krutinis, M.; Naimavičienė, J. 2015. Housing health and safety decision support system with augmented reality, *Procedia Engineering. Innovative solutions in construction engineering and management, Flexible approach: Operational Research in Sustainable Development and Civil Engineering - meeting of EURO working group and 15th German - Lithuanian - Polish colloquium (ORSDCE 2015)*. Amsterdam: Elsevier Science Ltd, Vol. 122: 143–150. ISSN 1877-7058.



---

# Summary in English

## Introduction

### Problem formulation

The stream of new and innovative urban planning ideas poses a new challenge in efforts to build sustainable built environment (Zavadskas, Antuchevičienė 2006; Viteikienė, Zavadskas 2007; Kaklauskas *et al.* 2015). But sustainable development is seen not only as the integration of economic, social and environmental aspects – it also means building healthy and safe environment and communities (Malienė, Malys 2009; Lee *et al.* 2010; Lukytė 2011; Dempsey *et al.* 2012; IPH Corporate Plan 2013; Mulliner *et al.* 2013, 2016; Ceccato, Lotteau *et al.* 2015; Sohn 2016).

Many factors that affect health stem directly from the quality of buildings and their structures. Health may suffer because of bad quality of buildings, inadequate equipment, ill-sized rooms, poor structure, etc. (Office of the Deputy Prime... 2006; Kaklauskas *et al.* 2013). A range of reasons can cause domestic accidents: slippery floors, missing banisters, improper lighting and others (Sarbu, Sebachievici 2011; Keall *et al.* 2013, 2015; Kang *et al.* 2014; Indoor Air Quality (IAQ) Scientific... 2016). On the other hand, indoor environment is not the only factor affecting human health; outdoor living environment has its role too. Growing scale of construction and manufacturing and abuse of energy resources are reasons of deteriorating air quality, growing morbidity, more rapid climate change, etc. (De Meester *et al.* 2009; Dempsey *et al.* 2012; Stanhope 2012; Anderson *et al.* 2015).

Different multiple criteria decision methods can be used in the analysis of sustainable built environment, including AHP, ELECTRE, TOPSIS, COPRAS and ANP (Dong

*et al.* 2014; Nilashi *et al.* 2015; Karaca *et al.* 2015; Mulliner *et al.* 2016; Motuzienė *et al.* 2016). Karaca *et al.* (2015), for instance, adopted AHP and ELECTRE, both methods of fuzzy sets, to test their futuristic idea of sustainable built environment called “urban pulse”. Mulliner *et al.* (2016) integrated AHP, TOPSIS and COPRAS to analyse sustainable housing affordability. Nilashi *et al.* (2015) created a knowledge-based expert system for assessing the performance of green buildings using the AHP method. With such a variety of multiple criteria methods available, this thesis proposes an assessment methodology for the macro, meso and micro environment of safe and healthy homes based on sustainable development principles.

The research problem comprises the assessment of healthy and safe homes at macro, meso and micro levels with the help of multiple criteria methods and the development of a decision support and recommender system designed to determine the healthiness class of homes, according to potential hazards, and provide recommendations for user, how to reduce the risk to his health and safety.

## **Relevance of the thesis**

The built environment is the environment modified by people such as houses, schools, workplaces, parks, industrial districts, farms, roads and railways (Srinivasan *et al.* 2013). It is the space in which people live and work (e.g. homes, buildings, streets, open spaces and infrastructure). The main unit of the built environment is the building, which determines the quality of life, work and leisure of individuals and their health (Sarbu, Sebarchievici 2011; Kang *et al.* 2014; Keall *et al.* 2013, 2015; Indoor Air Quality (IAQ) Scientific... 2016).

Home can be seen as a physical and a psychological object (Vilniaus Gedimino... 2013). This concept defines the structure, the spatial arrangement, materials used and equipment integrated. In the psychological realm, home is seen as the space which satisfies the needs of its occupants. Adequate home protects privacy, ensures physical and psychological wellbeing and drives forward the social integration of its occupants (Vilniaus Gedimino... 2013). The European Commission indicates that about one third of accidental injuries that need medical attention happen at home (Jaroslavcevienė 2012). Accidents are caused by various reasons: poor lighting, unsafe stairs, slippery surfaces, open fire and others. Noise, indoor air pollution, mould, toxic chemicals and other factors also damage health (Sarbu, Sebarchievici 2011; Kang *et al.* 2014; Keall *et al.* 2013, 2015; Indoor Air Quality (IAQ) Scientific... 2016). Thus many macro, meso and micro environment factors affect housing. An integrated analysis of healthy and safe homes is, therefore, important in order to determine how to reduce potential hazards to resident health and safety.

## **Object of the thesis**

The research object of this thesis – healthy and safe home which is influenced by factors of macro, meso and micro environment.

## **Aim of the thesis**

The main aim of this thesis is to propose an assessment methodology for healthy and safe home based on the principles of sustainable built environment, and to develop a multiple criteria assessment decision support and recommender system for healthy and safe home.

## **Objectives of the thesis**

The following objectives have been set to achieve the research aim:

1. To review the results of the studies carried out on sustainable built environment by scientists from various countries and to define the concept of healthy and safe home.
2. To create a conceptual assessment model for healthy and safe built environment and homes that employs integrated analysis of macro, meso and micro environment factors based on sustainable development.
3. To propose a multiple criteria assessment methodology for healthy and safe built environment and homes and put it into practice:
  - macro level assessment: a country's healthy and safe built environment
  - meso level assessment: a city's healthy and safe built environment;
  - micro level assessment: individual healthy and safe homes.
4. To develop a multiple criteria assessment decision support and recommended system for healthy and safe home designed to determine the healthiness class of homes and provide recommendations for user, how to reduce the risk of potential hazards.

## **Research methodology**

The thesis is based on publications, researches and reports of foreign and Lithuanian scientists. Analysis of statistical data provided by Lithuanian (Vilnius City Municipality, Lithuanian Department of Statistics and real estate) and abroad (Numbeo (2016), the England Government) institutions, collection of information provided in printed information sources have been performed in the course of development the criteria systems. Systems of criteria combining qualitative and quantitative criteria are proposed.

Expert analysis and multiple criteria methods (COPRAS, INVAR, SAW, TOPSIS, EDAS) were used in the research. The criteria weights were established with the help of expert judgement and the entropy, CILOS and IDOCRIW methods.

## **Scientific novelty of the thesis**

The research that forms the basis of this dissertation produced the following new civil engineering findings:

1. A conceptual assessment model for healthy and safe built environment and homes was developed; the model facilitates integrated analysis of healthy and safe homes in the built environment at macro, meso and micro levels.
2. Systems of criteria for the assessment of healthy and safe home in the built environment at macro, meso and micro levels were proposed.

3. A multiple criteria assessment methodology for the assessment of healthy and safe home at macro, meso and micro levels was proposed and put into practice.
4. An original multiple criteria assessment decision support and recommender system for healthy and safe home was developed; the system determines the healthiness class of a home, according to potential hazards, and provide recommendations, how to reduce the risk of potential hazards to human safety and health.

### **Practical value of the research findings**

The main practical direction of these research findings is more efficient decision making for healthy and safe homes in the built environment, which will help to reduce the accident risks.

The research findings were put into practice in “Building a national certification model for healthy homes”, a commissioned study, in “Greening the Business: Green Business Management Trainings” (GreenB; 2015-1-FR01-KA204-015377), „Academic Network for Disaster Resilience to Optimise educational Development“ (ANDROID; 518173-LLP-1-2011-1-UK-ERASMUS-ENW), „Learning Augmented Reality Global Environment“ (LARGE; 519195-LLP-1-2011-BG-KA3-KA3MP), „The iProfessional“ (iPro; 540097-LLP-1-2013-1-BG-ERASMUS-EQR), an ERASMUS+ projects, and in “Boosting the Lithuanian Construction Technology Platform (LSTP) and optimising research areas in construction” (VP1-3.1-ŠMM-05-K-02-006), a project co-financed by the EU Structural Funds.

### **Defended statements**

1. Sustainable development should be assess as a integral part of the economic, social and environmental aspects and the healthy and safe environment and homes in it.
2. Healthy and safe homes can be assessed at macro, meso and micro levels using multiple criteria assessment methods: COPRAS and INVAR for the macro level; COPRAS, SAW, TOPSIS and EDAS for the meso level; and COPRAS for the micro level.
3. The new original multiple criteria assessment decision support and recommender system for healthy and safe home is an automated tool that can determine the healthiness class of homes against a healthy and safe home benchmark, and provide recommendations, how to reduce the risk of potential hazards.
4. The recommender subsystem developed as part of this research is an risk management tool. Armed with the tool home owners, occupants, national authorities and other stakeholders can assess potential hazards and mitigate their likelihood according to provided recommendations.

### **Approval of the findings**

The key research findings were announced in eight research papers: two in Clarivate Analytics journals (Zavadskas *et al.* 2017 a, b), four in peer-reviewed foreign scientific journals (Kaklauskas *et al.* 2013 a, b; Ubartė *et al.* 2015; Ubartė, Kaplinski 2016), one in conference proceedings indexed in the Clarivate Analytics ISI database (Kaklauskas *et al.* 2015), and one in peer-reviewed conference proceedings published in Lithuania

(Čerkauskas, Jackutė (Ubartė) 2014). Four presentations on the topic of the dissertation were given at conferences in Lithuania and elsewhere:

- at the international conference Operational Research in Sustainable Development and Civil Engineering – meeting of EURO working group and 15th German–Lithuanian–Polish colloquium (ORSDCE 2015), 19–21 June 2015, Poznan, Poland.
- at the international conference 4th international conference on building resilience, incorporating the 3rd annual conference of the ANDROID disaster resilience network, 8–11 September 2014, Salford, United Kingdom.
- at Mokslas – Lietuvos ateitis (Science is the future of Lithuania), the 18th conference for Lithuanian young scientists, 9 March 2015, Vilnius, Lithuania.
- at Mokslas – Lietuvos ateitis (Science is the future of Lithuania), the 17th conference for Lithuanian young scientists, 19–28 March 2014, Vilnius, Lithuania.

### Structure of the dissertation

This thesis comprises a general overview of the dissertation, three chapters, general conclusions, a list of literature and a list of publications. The total volume of the dissertation is 136 pages excluding annexes, 25 pictures, 23 tables and 52 formulas.

## 1. An analysis of scientific literature on the researches about sustainable built environment, healthy and safe home

Chapter 1 presents the review of literature on sustainable built environment published between 1998 and 2015, examines the role housing plays in ensuring health and safety, looks at how the concept of healthy and safe homes is understood in Lithuania and abroad, and analyses the assessment of healthy and safe homes at micro, meso and macro levels.

Foreign scientists have developed a range of methodologies for the assessment of sustainable built environment (Bentivegna *et al.* 2002; Björnberg 2009; Morrissey *et al.* 2012; Siew 2015). Bentivegna *et al.* (2002), for instance, proposed BEQUEST, a methodology designed to structure information on sustainable development of the built environment. Morrissey *et al.* (2012) have developed a strategic project assessment methodology. Siew (2015) proposed the Green Building Fund, an alternative methodology designed to assess the funding of sustainable buildings. Other scientists also proposed assessment methodologies for sustainable built environment (Reiter, Marique 2012; Adrian *et al.* 2013; Perales-Momparler *et al.* 2015).

Scientists use various multiple criteria decision making (MCDM) methods to analyse sustainable built environment. A review by Zavadskas *et al.* (2016) of multiple criteria methods in engineering, for instance, shows that the most popular combinations are the analytic hierarchy process (AHP) and the technique for order of preference by similarity to ideal solution (TOPSIS), and the analytic network process (ANP) and TOPSIS; their combinations with the fuzzy set theory are also popular. Where sustainable energy and renewable energy issues are concerned, the most popular are AHP, VIKOR and

ANP, TOPSIS and PROMETHEE, as well as other methods and their combinations (ALwaer, Clements-Croome 2010; Mardani *et al.* 2015; Alyami *et al.* 2015).

The main unit of the built environment is the building. Adequate and healthy living conditions are, therefore, crucial, because the building determines the quality of life, work and leisure of individuals and their health. Many studies discussed in foreign literature analyse links between the quality of homes and the health and safety of their occupants (Sarbu, Sebarchievici 2011; Keall *et al.* 2013, 2015; Kang *et al.* 2014; Indoor Air Quality (IAQ) Scientific... 2016). In Lithuania, healthy and safe home is understood from two perspectives: healthy home and safe home. Healthy home covers the control of harmful materials, structural solutions, room sizes and similar aspects, whereas safe home usually concerns the protection of homes against break-ins. The two concepts, however, should be integrated, because the building has to be seen as an integrated structure in which the control of building height and volume goes along the parameters of the quality of life.

In an attempt to elaborate on the research object and the aspects of its assessment, healthy and safe homes in the built environment are examined at micro, meso and macro levels. Since the rationality of different components of healthy and safe homes often depends on different stakeholders (clients, building owners, occupants, financial institutions, designers, manufacturers of construction materials, suppliers, contractors, the state or its authorities, municipalities, facility managers, etc.), good performance can only be achieved by integrated design of healthy and safe homes with close interaction between the key stakeholders ensured. Various stakeholders take part in the processes of goal setting, designing, construction, use and decommissioning and they interact over long periods of time. In an attempt to make healthy and safe homes more efficient, one of the most important tasks is to make sure involved stakeholders achieve as many of their goals as possible. This, then, means attempts to create a more efficient system to organise stakeholders. The efficiency of healthy and safe homes also depends on various micro, meso and macro level variables.

The efficiency of healthy and safe homes, hence, depends not only on their individual processes and decisions, but also on the external micro, meso and macro environment and on the success rate of stakeholder goals.

## **2. Assessment methodology for healthy and safe home in the built environment**

Chapter 2 of the dissertation presents the systems of criteria for the assessment of healthy and safe homes at macro (city), meso (neighbourhood) and micro (home) levels and discusses how the multiple criteria methods were selected for the analysis of macro, meso and micro environment.

Many methodologies and systems assessing urban sustainability are available worldwide such as the international standard and certification system for sustainable buildings BREEAM (BREEAM 2017; Zavadskas *et al.* 2017), the Sustainable Cities Index ARCADIS, the China Urban Sustainability Index, the EEA urban metabolism approach, the European Green City Index (Science for Environment Policy 2015), the Monocle Quality of Life Survey (Tan, bin Abdul Hamid 2014; Wien.at 2016; Neuvonen, Ache 2017; Ahvenniemi *et al.* 2017), the Mercer Quality of Living Survey (the Quality of Life Index) (Khalil 2012; Larsen 2015; Mercer 2016), the EIU's Global Liveability Ranking (Khalil 2012;

Conger 2015), the urban strategic measures plan (Marques *et al.* 2015; EIP Waters 2016; Schmidt *et al.* 2016), the European Green Capital Award (Gulrud *et al.* 2013; Meijering *et al.* 2014; European Commission 2016), the global programme of urban indicators (Bhada, Hoornweg 2009; Shen, Zhou 2014), the Quality of Life Index (Eusuf *et al.* 2014; Nuuter *et al.* 2015; Numbeo 2017) and others. After a review of these assessment methodologies, Numbeo's (2017) Quality of Life Index is proposed as a tool for the assessment of healthy and safe homes at city level (meso level). The scientist's empirical equation measures the quality of life taking into account country's purchasing power, pollution levels, the Property Price to Income Ratio, living standards, safety, healthcare, the Traffic Index and climate change (Numbeo 2017). This assessment system combines features from other systems and measures sustainable built environment through the prism of the quality of life.

The meso level looks at the neighbourhoods of Vilnius based on the principles of sustainable development with an emphasis on healthy and safe environment. A review of literature available worldwide (Viteikienė, Zavadskas 2007; Cozens 2008; Malienė, Malys 2009; Lee *et al.* 2010; Ceccato, Lukytė 2011; Dempsey *et al.* 2012; Dempsey *et al.* 2012; IPH Corporate Plan 2013; Mulliner *et al.* 2013, 2016; Conejos *et al.* 2013, 2014; Charoenkit, Kumar 2014; Anderson *et al.* 2015; Lotteau *et al.* 2015; Sohn 2016, etc.) suggests that authors use various systems of criteria in their assessments of healthy and safe environment. Construction and Real Estate – Developing Indicators for Transparency, an ERABUILD project, considers several hundred criteria measuring sustainable built environment – a large number (ERABUILD 2007). Taking into account the results, a system of criteria for the assessment of healthy and safe homes at meso level based on the principles of sustainable development from the holistic perspective was created. The criteria were grouped into three categories: economic (criteria: price, population density, density of single-family and two-family houses, density of blocks of flats, number of jobs), social (criteria: number of educational institutions, number of places in kindergartens, number of healthcare institutions, number of recreational facilities, crime rates) and environmental (criteria: air pollution, noise, distance to the city center, green spaces).

A system of criteria for micro level assessments was also created. The system of criteria for the assessment of healthy and safe homes at micro level was developed after an analysis of expert (Soyguder, Alli 2009; Botia *et al.* 2012), decision support (Körner, Van Straten 2008; Ahmed *et al.* 2011), intelligent (Yakubu 1996; Thiers, Peuportier 2008; Chlela *et al.* 2009; Parker 2009; Wang, Gwilliam 2009) and knowledge (Fazio *et al.* 1989; Matsumoto, Toyoda 1994) systems. It is modelled on the English housing health and safety rating standard (Office of the Deputy Prime... 2006; HHSRS worked examples 2007) that assesses 29 categories of housing and environment criteria in four groups: physiological (criteria: damp and mould growth, excess cold, excess heat, asbestos and mmf, biocides, carbon monoxide and fuel combustion products, lead, radiation, uncombusted fuel gas, volatile organic compounds), psychological (criteria: crowding and space, entry by intruders, lighting, noise), protection against infection (criteria: domestic hygiene, pests and refuse, food safety, personal hygiene, sanitation and drainage, water supply), and protection against accidents (criteria: falls associated with baths, falling on level surfaces, falling on stairs, falling between levels, electrical hazards, fire,

flames, hot surfaces, flames, hot surfaces, explosions, position and operability of amenities, structural collapse and falling elements).

With the systems of criteria ready, MCDM methods were then selected. The choice of an MCDM method depends on the problem, purpose, available information and the type of expected results. Each MCDM method has certain features, advantages and disadvantages. For complex problems, diversification of MCDM methods is, therefore, advisable as it permits to have a thorough look at the problem considered.

When complex problems related to healthy and safe homes in the built environment are addressed and efficient and justified solutions are sought, a precise task purpose must be set, a system of relevant criteria created, criteria identified and rated, and scientifically validated option ranking methods adopted. For that purpose the following steps are proposed: (1) with objective weights (using the entropy, CILOS and IDOCRIW methods) and subjective weights (using expert judgement) established, to use cumulative weights for more reliable calculations; (2) to diversify MCDM methods in problem solving with COPRAS and INVAR integrated at macro level, COPRAS, SAW, TOPSIS and EDAS integrated at meso level, and COPRAS used at micro level.

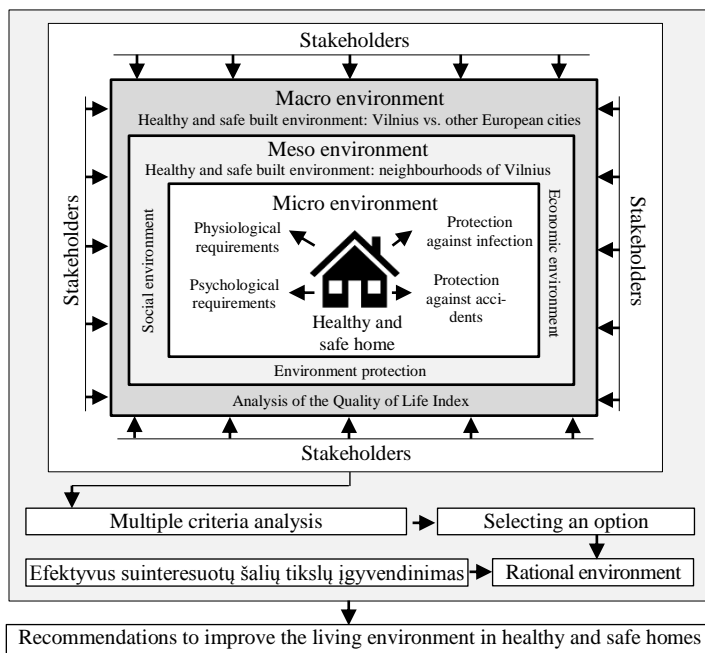
### **3. Multiple criteria assessment of healthy and safe home at macro, meso and micro levels and the new decision support and recommender system**

Chapter 3 presents a conceptual model for the assessment of healthy and safe homes at macro, meso and micro levels (Fig. S3.1). Methods described in Chapter 2 are used in the multiple criteria analysis that includes macro level analysis (Vilnius analysed in the context of other European cities), meso level analysis (the neighbourhoods of Vilnius are analysed) and micro level analysis (healthy and safe homes are analysed). Then, a multiple criteria assessment decision support and recommender system for healthy and safe home is developed. The system determines the healthiness class of homes (the multiple criteria assessment decision support subsystem) and offers recommendations (the recommender subsystem) on ways to improve living conditions characterised by four main groups of health risks: physiological, psychological, infections and accidents.

The main purpose of the healthy and safe home analysis model is to improve the management of health risks in living environment and to prepare the required measures. With these goals in mind, the conceptual model of healthy and safe homes was developed. The model makes an integrated analysis of healthy and safe homes, involved stakeholders pursuing individual goals and external environment (micro, meso and macro) as a whole, performs multiple criteria analysis and determines the most efficient options. With the help of the COPRAS and INVAR methods combined, the multiple criteria assessment at macro level was performed and digital recommendations produced on ways to improve quality of life scores. A case analysis of pollution shows that with pollution cut by 53.41% in Vilnius its quality of life index will increase by 8.9758%. INVAR can optimise any selected criterion value. A case analysis presents an attempt to optimise a hypothetical Property Price to Income Ratio in Vilnius so that the city's utility degree becomes equal to that of Tallinn. A drop of the Property Price to Income Ratio to 9.6 pushes the utility degree of Vilnius close to that of Tallinn in the Quality of Life Index (with only a small difference of 0.04% remaining). According to calculations, The



414th approximation cycle cut the hypothetical Property Price to Income Ratio for Vilnius ( $a_{14}$ ) to 9.6 and the city's quality of life utility degree caught up with that of Tallinn ( $a_{11}$ ) ( $x_{514 \text{ cycle } 414} = 9.6$ ,  $|-0.04\%| < 0.1\%$ ) meaning that both cities then had the same quality of life. It has been established that when the hypothetical Property Price to Income Ratio for Vilnius is cut down by 30.13%, the quality of life in Vilnius and Tallinn becomes equal.



**Fig. S3.1.** The conceptual model of healthy and safe homes (developed by the author)

The INVAR method also determined the required hypothetical Property Price to Income Ratio for Vilnius to land among the TOP 10 European cities in the Quality of Life Index. In 2013 Vilnius ranked 17th with its Property Price to Income Ratio at 13.74 and its utility degree at 52.61%. For Vilnius to move at least seven positions up and land among the TOP 10 European cities in the Quality of Life Index, the Property Price to Income Ratio must be cut. Calculations, used Steps 1–5 of COPRAS and Step 10 of INVAR. Calculations show that with 47 approximation cycles completed and the Property Price to Income Ratio for Vilnius 1.528 times lower, Vilnius achieved the utility degree of 63.47% and landed among the TOP 10 European cities in the Quality of Life Index. The Property Price to Income Ratio must, then, shrink by 51% for Vilnius to land among the TOP 5 European cities.

The objective criteria weights for the meso level assessment of healthy and safe homes were determined using the entropy, CILOS and IDOCRIW methods. Expert judgement determined the subjective weights, with 13 experts interviewed and the opin-

ions in all judgements in concordance. For economic environment the concordance coefficient was  $W = 0.285$ . The corresponding criterion statistics  $\chi^2 = 14.83$  is greater than the critical limit  $\chi^2_{kr} = 9.488$  taken from the  $\chi^2$  distribution table with a degree of freedom of  $\nu = 5 - 1 = 4$  and a weight level of  $\alpha = 0.05$ . A statistical hypothesis was therefore made that expert judgements were in concordance. The figures for social environment and environment protection were  $W = 0.626, \chi^2 = 36.55$  ( $\chi^2_{kr} = 9.488$ ) and  $W = 0.346, \chi^2 = 13.50$  ( $\chi^2_{kr} = 7.815, \nu = 3$ ), respectively. We can integrate objective and subjective weights to produce cumulative weights. They are a more reliable measure of criteria weights in the context of sustainable development. In meso level economic environment, the price (0.3478) and the population density (0.3039) are two criteria that carry the biggest weight in the assessment of healthy and safe built environment. In social environment, the heftiest criteria are the number of health care institutions (0.3424) and the crime rate (0.3069). And in environment protection, the biggest impact on performance is attributed to green spaces (0.4976) and air pollution (0.3179).

The neighbourhoods of Vilnius (meso level) were assessed and ranked using the COPRAS, SAW, TOPSIS and EDAS methods. A priority sequence was determined (Table S1). The calculations show that the 21 neighbourhoods of Vilnius are quite different in terms of their economic, social and environmental performance. But that is only natural. The economic environment in Antakalnis Neighbourhood, for instance, ranked ninth, its social environment ranked second and its environmental parameters ranked eighth. Each environment contributes to the overall ranking differently. The results were processed using the rank average, Borda and Copeland methods (Hwang, Yoon 1981; Borda 1781; McLean 1990; Fishburn 1971; Erlandson 1978; Ustinovičius, Zavadskas 2004) with matching results in all three cases (Table S3.1). The Old Town Neighbourhood seems to be the most rational option among the neighbourhoods of Vilnius.

**Table S3.1.** The priority rankings compared (developed by the author)

Neighbourhoods	COPRAS Priority Ranking	SAW Priority Ranking	TOPSIS Priority Ranking	EDAS Priority Ranking	Rank Average Priority Ranking	Borda Count Priority Ranking	Copeland's Priority Ranking
1	2	3	4	5	6	7	8
Antakalnis	5	5	6	4	4	4	4
Fabijoniškės	9	9	11	10	10	10	10
Grigiškės	20	20	20	20	20–21	20–21	20–21
Justiniškės	19	19	21	21	20–21	20–21	20–21
Karoliniškės	17	17	19	17	18	18	18
Lazdynai	19	19	17	16	19	19	19
Naujamiestis	3	3	2	3	2	2	2
Naujininkai	13	13	13	18	14–15	14–15	14–15
Naujoji Vilnia	15	15	14	13	14–15	14–15	14–15
Paneriai	2	2	10	14	7	6–7	6–7

End of the Table S3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Pašilaičiai	16	16	12	8	13	13	13
Pilaitė	18	18	15	12	17	17	17
Rasos	8	8	9	9	8	8	8
Senamiestis	1	1	1	1	1	1	1
Šeškinė	14	14	18	15	16	16	16
Verkiai	4	4	3	2	3	3	3
Vilkpėdė	6	6	5	5	5	5	5
Viršuliškės	12	12	16	11	12	12	12
Žirmūnai	11	11	8	7	9	9	9
Žvėrynas	7	7	4	6	6	6–7	6–7
Šnipiškės	10	10	7	19	11	11	11

For the micro level analysis, the multiple criteria assessment decision support and recommender system for healthy and safe home was created. It comprises the multiple criteria assessment decision support subsystem for healthy and safe homes that determines the healthiness class of homes and the recommender subsystem for healthy and safe homes that offers recommendations on ways to improve living conditions and mitigate the risk of injuries and potential hazards. The system of criteria was modelled on the English housing health and safety rating standard. Supplied with this tool authorities or other stakeholders can identify potential risks and hazards to health and safety and protect people. England and Wales makes efficient use of the standard.

The English housing health and safety rating standard rates each criterion on a four-point scale (3 – poor, 2 – average, 1 – fair, 0 or no points (–) – good). In order to integrate this scale into the decision support system for healthy and safe home, the state of homes is also scored on a four-point scale (4 points mean poor state, 3 points mean fair state, 2 points mean average state, 1 point means good state).

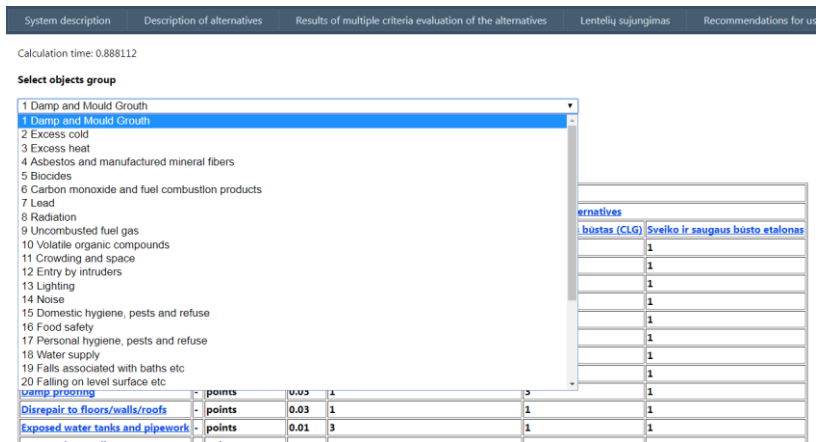
The criteria weights are based on subjective assessments with an assumption made that the occupant is the most indicated party to decide which criterion should carry more weight in his or her multiple criteria analysis of healthy and safe homes.

In multiple criteria analysis of healthy and safe homes, an alternative in question is compared with a benchmark home, which is the best option in the context of a particular system of criteria (the utility degree equals 100%). Considering the utility degree determined by COPRAS, the alternative in question is attributed to one of the following healthiness classes in terms of how it meets the requirements: Class A – very good; Class B – good; Class C – average; Class D – fair; Class E – fails to meet the requirements for healthy home.

The home's performance in terms of the requirements encoded in the criteria is scored in points. All parameters must meet the requirements set in hygiene and construction regulations, i.e. meet the threshold values established by research as safe for human health. Sometimes, however, some parameters of a home in question can barely pass the thresholds set in hygiene and construction regulations, while others may offer far better values. A home offering only the bare minimum set in hygiene and construction regulations will be a Class D home (61–70%), because any deterioration of its state (e.g. due poor facilities management or caused by wearing) will push the home down into Class E

(0–60%), a home harmful to human health and safety. Homes with parameters approaching those of the benchmark, i.e. offering values far above the thresholds set in hygiene and construction regulations, will be attributed to Class A with their healthiness rated 91–100%. All homes in between will be Class B (81–90%), Class C (71–80%), or Class D (61–70%).

The multiple criteria analysis matrix for healthy and safe homes is available at <http://iti.vgtu.lt/sveikasbustasi/simpletable.aspx?sistemid=602>. Object groups may be selected to assess a home against each of the 29 criteria categories (Fig. S3.2) or the table merging function can be used to make an integrated assessment of all 29 criteria.



**Fig. S3.2.** The matrix of the multiple criteria analysis system for healthy and safe homes, 29 categories of criteria (developed by the author)

Two properties from the available worked examples of the English rating system were selected for the multiple criteria analysis. Based on their ratings, input data matrixes were created and multiple criteria assessment using COPRAS was performed. The first property (Bristol City Council) is a two-storey mid terraced house built in 1910. The second property is a two-storey cottage built in 1920. The descriptions of both properties are available in the matrix. Multiple criteria analysis of the hazard to fall on stairs in the two properties is performed as an example.

The case analysis compares the two homes against a benchmark in the input data matrix considering the system of criteria describing the hazard of falling on stairs. The multiple criteria analysis (Table S3.2) determined the alternative's weight and the healthiness class. The calculations suggest that both alternatives compared with the healthy and safe home benchmark are Healthiness Class E, i.e. they fail to meet the requirements for healthy homes. The alternatives were ranked by priority:  $Q_3 > Q_1 > Q_2$ .

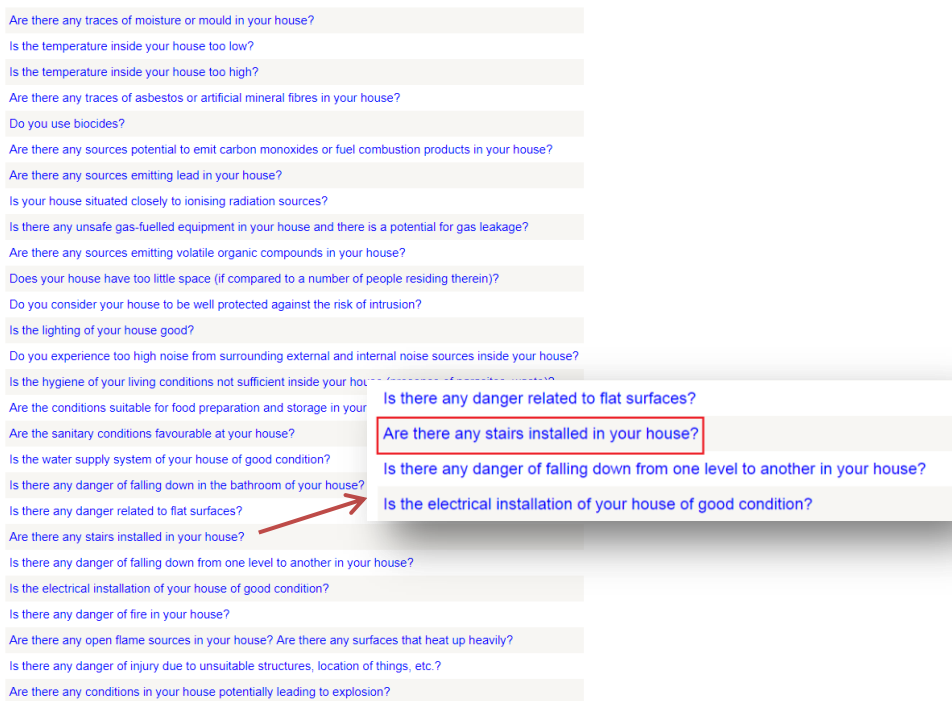
Considering multiple criteria assessment results, users can get recommendations on ways to improve their living conditions and reduce the risk of domestic hazards. The recommender subsystem for healthy and safe homes is available at <http://iti.vgtu.lt/ilearning/kapateikti.aspx> (Fig S3.3).

**Table S3.2.** Multiple criteria analysis of the hazard of falling on stairs  
(developed by the author)

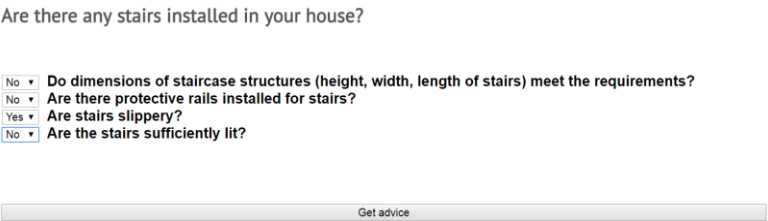
Quantitative and qualitative information pertinent to alternatives						
Criteria describing the alternatives	*	Measuring units	Weight	Compared alternatives		
				Valued home (Bristol City Council) ( $a_1$ )	Valued home (CLG) ( $a_2$ )	Healthy and safe home benchmark ( $a_3$ )
Tread lengths	-	Points	0.001	0.0002	0.0005	0.0002
Riser heights	-	Points	0.001	0.0002	0.0007	0.0002
Variation in tread or riser	-	Points	0.0007	0.0001	0.0005	0.0001
Nosing length	-	Points	0.006	0.002	0.002	0.002
Poor friction quality	-	Points	0.006	0.0023	0.003	0.0008
Openings	-	Points	0.009	0.006	0.0015	0.0015
Alternating treads	-	Points	0.0008	0.0003	0.0003	0.0003
Lack of handrails	-	Points	0.009	0.0015	0.006	0.0015
Height of handrails	-	Points	0.0007	0.0001	0.0005	0.0001
Lack of guarding	-	Points	0.0007	0.0003	0.0003	0.0001
Height of guarding	-	Points	0.0006	0.0001	0.0004	0.0001
Easily climbed guarding	-	Points	0.0006	0.0004	0.0001	0.0001
Stair width	-	Points	0.0008	0.0002	0.0005	0.0002
Length of flight	-	Points	0.0007	0.0002	0.0002	0.0002
Inadequate lighting	-	Points	0.009	0.0034	0.0045	0.0011
Lighting controls	-	Points	0.0008	0.0004	0.0004	0.0001
Glare from lighting	-	Points	0.008	0.003	0.004	0.001
Door(s) onto stairs	-	Points	0.0007	0.0002	0.0002	0.0002
Inadequate landing	-	Points	0.0006	0.0001	0.0004	0.0001
Pitch of stairs	-	Points	0.0007	0.0002	0.0002	0.0002
Projections etc.	-	Points	0.0006	0.0002	0.0002	0.0002
Hard surfaces	-	Points	0.0008	0.0003	0.0003	0.0001
The sums of benefit criteria				0.0002	0.0001	0.0002
The sums of cost criteria				0.0218	0.0271	0.0105
Significance of the alternative ( $Q$ )				0.0155	0.0124	0.032
Home Healthiness Class (according utility degree ( $N$ ))				E (48.49 %)	E (38.82 %)	A (100 %)

The recommendations available in the database of the recommender subsystem for healthy and safe homes are related to the risk of potential domestic hazards modelled on the English housing health and safety standard. A questionnaire with level-one questions for each of the 29 categories of criteria was compiled. The questionnaire then leads to level-two questions that help pinpoint the source of an issue and choose better tips from the recommender database. Upon choosing one of the level-one questions, the user is redirected to level-two questions. The user then answers *Yes* or *No* in order to identify a housing health and safety risk and gets tips on how the hazard risk can be mitigated. To see if the recommender subsystem for healthy and safe homes works in practice, the indicator “Hazard of falling on stairs” from the healthy and safe home group “Accident pre-

vention” is examined as an example. Stairs pose higher safety risks to occupants and are relevant because most detached houses and cottages and some flats have stairs. Hence, safety much depends on crucial aspects such as lighting, surfaces, height and others. The main window of the recommender subsystem shows 29 level-one questions (Fig. S3.3). The user can choose the aspect that interests him (recommendations for stairs in this case). The user wants to know how the risk to fall on stairs can be mitigated to make the house safer. With a single mouse-click the user selects the question “Do you have stairs in your house or flat?” and then gets level-two questions designed to pinpoint the main causes of the risk (e.g. the stair-steps fail to meet the requirements, missing handrails, etc.) (Fig. S3.4).

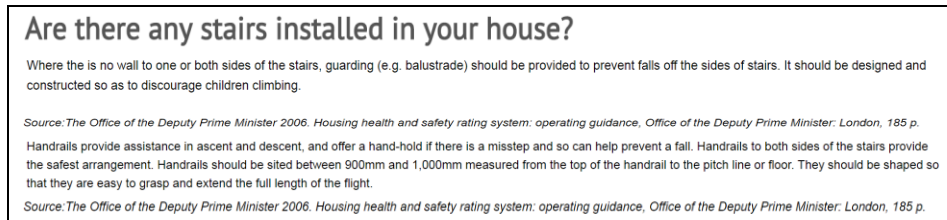


**Fig. S3.3.** The level-one questions from the recommender subsystem (developed by the author)



**Fig. S3.4.** The level-two questions for the criterion “Falling on stairs” (developed by the author)

Once the level-two questions have been answered, tips are shown on ways to improve the stairs and measures to make the using of the stairs safer are proposed (Fig. S3.5).



**Fig. S3.5.** Fragment of recommendations to improve the criterion “Falling on stairs” (developed by the author)

In summary, the recommender subsystem modelled on foreign experience enables the assessment of potential domestic hazards. The multiple criteria assessment decision support and recommender system for healthy and safe home makes it possible to increase a home’s healthiness class in order to cut the risk of injuries.

## General conclusions

1. Assessment of healthy and safe housing has been carried out at macro, meso and micro levels, because the efficiency of healthy and safe homes depends on the different stakeholders’ goals, decisions and external macro, meso and micro environment
2. A necessary foundation for healthy and safe homes is the principles of sustainable development of the built environment from holistic perspective. Healthy and safe environment is a necessary ingredient of sustainable communities. The conceptual assessment model for healthy and safe homes was created. It allows to make an integrated multiple criteria analysis of healthy and safe homes, involved stakeholders pursuing individual goals and external (macro, meso and micro) environment.
3. Multiple criteria assessment methods (COPRAS, INVAR, SAW, TOPSIS, EDAS) applied to assess the healthy and safe homes in the built environment. The objective criteria weights are determined using the entropy, CILOS and IDOCRIW methods. The subjective criteria weights are determined using expert judgement. To make sure calculations are reliable, cumulative weights are proposed.
4. Healthy and safe homes in the built environment were assessed based on principles of sustainable development. Different scientifically based multiple criteria assessment methods are integrated at macro, meso and micro levels:
  - The macro level compares Vilnius to other European cities in the Quality of Life Index. Integrated COPRAS and INVAR methods were proved by carried out the Quality of Life Index analysis. Since 2013 Vilnius has been catching up with other cities in the Quality of Life Index (43.3% behind the top European city in 2013, but 31.3% behind

in 2016). If we look at how Vilnius performs compared with lowest ranking cities in the respective years, Moscow and Kyiv are quite behind. After a few cases were analysed, digital tips were formulated, criteria optimised and then the required hypothetical Property Price to Income Ratio for Vilnius to land the city among the TOP 10 European cities in the Quality of Life Index was determined. In order to make Vilnius one of the TOP 10 European cities the ratio of Property Price to Income Ratio must be 9.6.

- At meso level the COPRAS, SAW, TOPSIS, EDAS methods were used and proved based on example of neighbourhoods of Vilnius. There were two phases of calculations. The neighbourhoods of Vilnius were assessed considering each environment separately (economic, social and environmental) and in the overall context of healthy and safe built environment. The calculations show that the 21 neighbourhoods of Vilnius perform differently in terms of their economic, social and environmental parameters, because the impact of each environment on the overall score is different. In terms of economic environment, Naujamiestis Neighbourhood comes on top. Old Town Neighbourhood ranks above others in terms of the social environment and environmental parameters. The overall look at the neighbourhoods of Vilnius shows that Old Town Neighbourhood is the most rational option among the neighbourhoods in terms of the healthy and safe built environment criteria (based on the principles of sustainable development).
  - Healthy and safe homes at micro level were assessed using a system of criteria modelled on the English housing health and safety rating standard. Homes were assessed using the COPRAS method. Two homes were assessed as an example to test the system's practical capacity. The homes were compared to a benchmark home and their healthiness class was determined. The results of the overall assessment show that the first option is a Class D home (66.54% – fair) and the second option is a Class E home (51.29% – fails to meet the requirements for healthy home).
5. According to foreign scientific systems analysis, the author developed multiple criteria assessment decision support and recommender system, which improve health risk management in stakeholders living environment, advantages are:
- the multiple criteria assessment decision support subsystem for healthy and safe homes determines the healthiness class of homes based on 29 categories of criteria defining the home and its environment by applying multiple criteria assessment methods. The subsystem offers an overall assessment of a home. The home can also be assessed against each group of criteria;
  - in order to reduce the risk of potential health and safety hazards and to improve living conditions, the recommender subsystem for healthy and safe homes offers tips on ways to improve the management of health risks in living environment.



---

## Priedai<sup>1</sup>

**A priedas.** Mokslinės literatūros analizės apie darnios užstatytos aplinkos tyrimus santrauka pagal tris pagrindines *Clarivate Analytics* kategorijas

**B priedas.** Bibliometrinė sveikos ir saugios užstatytos aplinkos vertinimo rodiklių sistemos analizė

**C priedas.** Europos miestų gyvenimo kokybės indekso prioritetų palyginimas pagal NUMBEO ir COPRAS metodus (2012–2016)

**D priedas.** Vilniaus miesto seniūnijų vertinimo pradinių duomenų lentelė

**E priedas.** Sveikos ir saugios užstatytos aplinkos vertinimo klausimyno pavyzdys

**F priedas.** Sveikos ir saugios užstatytos aplinkos ekspertinio vertinimo rezultatai

**G priedas.** COPRAS, SAW, TOPSIS metodų ekonominės, socialinės ir aplinkos apsaugos vertinimai ir apibendrinti vertinimai

**H priedas.** Disertacijos autorės sąžiningumo deklaracija

**I priedas.** Bendra autorių sutikimai teikti publikacijose skelbtą medžiagą mokslo daktaro disertacijoje

**J priedas.** Autorės mokslinių publikacijų disertacijos tema kopijos

---

<sup>1</sup> Priedai pateikiami pridėtoje kompaktinėje plokštelėje

Ieva UBARTĖ

DAUGIAKRITERĖ SPRENDIMŲ PARAMOS IR  
REKOMENDACIJŲ SISTEMA SVEIKAM IR SAUGIAM  
BŪSTUI UŽSTATYTOJE APLINKOJE VERTINTI

Daktaro disertacija

Technologijos mokslai,  
statybos inžinerija (02T)

MULTIPLE CRITERIA DECISION SUPPORT  
AND RECOMMENDER SYSTEM FOR THE ASSESSMENT  
OF HEALTHY AND SAFE HOMES IN THE BUILT ENVIRONMENT

Doctoral Dissertation

Technological Sciences,  
Civil Engineering (02T)

2017 10 09. 13,0 sp. l. Tiražas 20 egz.  
Vilniaus Gedimino technikos universiteto  
leidykla „Technika“  
Saulėtekio al. 11. 10223 Vilnius  
<http://leidykla.vgtu.lt>  
Spausdino BJ UAB „Baltijos kopija“  
Kareivių g. 13B, 09109 Vilnius